

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

AUGUSTO CÉSAR DANDOLINI CITADIN

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO
DE ORLEANS, SC**

CRICIÚMA

2015

AUGUSTO CÉSAR DANDOLINI CITADIN

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO
DE ORLEANS, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Gustavo José Deibler
Zambrano

**CRICIÚMA
2015**

AUGUSTO CÉSAR DANDOLINI CITADIN

**APLICAÇÃO DE UM MODELO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO
DE ORLEANS, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Gerenciamento e Planejamento Ambiental.

Criciúma, 23 de junho de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gustavo José Deibler Zambrano – Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Jader Lima Pereira – Mestre – (UNESC)

Prof. Hugo Schwalm – Mestre – (UNESC)

**Dedico este trabalho primeiramente a Deus,
em seguida a minha família por todo apoio e
incentivo que recebi para que esta etapa
fosse concluída.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar força para seguir em frente diante de todos os desafios, como, este trabalho.

Aos meus pais pela criação que me deram, que mesmo nos momentos mais difíceis me incentivaram a não desistir e ser forte, seja qual fora o obstáculo.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para que esta caminhada fosse concluída, principalmente meu orientador Gustavo José Deibler Zambrano que acatou a ideia e incisivamente me auxiliou para que este trabalho fosse finalizado. Os professores Jader Lima Pereira e Hugo Schwalm por aceitarem a participar da banca examinadora, além do professor Mário Ricardo Guadagnim pela amizade criada durante os cinco anos de graduação.

Aos meus colegas de universidade Greiciele Antunes Santiago, Guilherme Ferrari Rampinelli, Gustavo da Silva Serafim e Maria Luiza Peruchi Soares que participaram comigo desta longa etapa e que levarei comigo durante toda vida.

Aos meus amigos de infância Douglas Lima Frassetto, Frederico Monteiro, Hernandez Araújo e Walter Hammerschmidt Junior pelo apoio, pelas histórias vividas e por sempre estarem ao meu lado quando precisei.

Agradeço aos meus companheiros do meu antigo estágio no DNPM, Fábio Dantas, Marcelo Souza, Michele Cristina Schwantes e Plínio de Sá Moreira pela amizade que lá criei, e principalmente a minha amiga Fernanda Ricken pela verdadeira amizade e por todo suporte que recebi nos momentos em que pedi sua ajuda.

Aos companheiros do atual estágio, Tiago Luiz Costa e Silva, Felipe Darós Tomazi, Sidnei Luis da Cruz Zomer, Paulo Ricardo Gonçalves e Willian Borges Niero pelo conhecimento que adquiri no Ministério Público Federal.

Ao meu supervisor de estágio Edson Alberton pela oportunidade e confiança em mim depositada.

Por fim a todos meus amigos e colegas, que de alguma forma ajudaram para que esta etapa fosse concluída com êxito.

“De tanto ver triunfar as nulidades, de tanto ver prosperar a desonra, de tanto ver crescer a injustiça, de tanto ver agigantarem-se os poderes nas mãos dos maus, o homem chega a desanimar da virtude, a rir-se da honra, a ter vergonha de ser honesto.”

Rui Barbosa

RESUMO

Em muitos casos, termos como fragilidade, vulnerabilidade, suscetibilidade são usados como sinônimos. Contudo, os mesmos se diferem no que diz respeito ao seu conceito, e consequentemente os trabalhos referentes a cada tema acabam por apresentarem características diferentes. A fragilidade no âmbito do planejamento ambiental é essencial para a caracterização das conseqüentes tomadas de ações em um município. Diante disso, deu-se início a um estudo de caso que objetivou a elaboração de um mapa de fragilidade ambiental do município de Orleans– SC, através da utilização de metodologias já existentes que incorporaram os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), como Ross (1994) e Crepani (1996). Para auxiliar a elaboração do mapa, utilizaram-se ferramentas de geoprocessamento em ambiente SIG, no intuito de manipulação de dados cartográficos. Foram coletadas diversas camadas de informações ambientais como elevação, pedologia, geologia, hidrográfica, vegetação e pluviometria do município para posterior identificação das classes de fragilidade. Desta forma os critérios foram ponderados e equacionados para resultados conjuntos. Dados de empreendimentos licenciados por uma empresa prestadora de serviços ambientais também foram inclusos ao mapa para análise de sua localização em relação às classes de fragilidade do município. Verificou-se que este trabalho pode auxiliar em estudos ambientais tanto para o poder público quanto para a iniciativa privada, sendo que, quanto mais dados e critérios forem implantados, mais completo e abrangente será o resultado.

Palavras-chave: Índices Ambientais. Ecodinâmica. Geoprocessamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelos Terrestres	29
Figura 2- Sistemas de Projeção Cartográfica.....	31
Figura 3- Estruturas de um SIG.....	33
Figura 4- Processamento de mapas para o equacionamento de álgebra cartográfica	35
Figura 5- Mapa de Localização de Orleans, SC.....	43
Figura 6- Escala contínua para elaboração da matriz de comparação pareada	46
Figura 7- Fragilidade em relação a declividade no município de Orleans	51
Figura 8- Fragilidade em relação a geologia no município de Orleans	53
Figura 9- Fragilidade em relação a hidrografia no município de Orleans	55
Figura 10- Fragilidade em relação a pluviometria no município de Orleans.....	56
Figura 11- Fragilidade em relação a pedologia no município de Orleans	58
Figura 12- Fragilidade em relação a vegetação no município de Orleans	60
Figura 13- Fragilidade Ambiental	61
Figura 14- Empreendimentos e suas classes de fragilidade	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Escalas, precisão gráfica e precisão real	28
Quadro 2- Operações cartográficas de transformações de dados	35
Quadro 3- Classe de fragilidade dos tipos de solos	38
Quadro 4- Categorias da fragilidade ambiental em relação a sua declividade.....	38
Quadro 5- Representação de vulnerabilidade ambiental	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação dos critérios com as metodologias propostas e suas adaptações	44
Tabela 2- Base de dados cartográficos	45
Tabela 3- Matriz de comparação pareada entre os critérios	47
Tabela 4- Média das ponderações para os critérios	47
Tabela 5- Empreendimentos e suas coordenadas	49
Tabela 6- Classes de declividade com os respectivos valores da escala de fragilidade.....	50
Tabela 7- Litologia com os respectivos valores da escala de fragilidade	52
Tabela 8- Fragilidade em relação a hidrologia conforme distância de cursos d'água	54
Tabela 9- Fragilidade em relação a pluviometria de Orleans	56
Tabela 10- Fragilidade em relação ao solo	58
Tabela 11- Fragilidade em relação a hidrologia conforme distância da vegetação ...	59
Tabela 12- Área das classes de fragilidade.....	62
Tabela 13- Empreendimentos	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AMREC	Associação dos Municípios da Região Carbonífera
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONDEMA	Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EAS	Estudo Ambiental Simplificado
ECA	Estudo de Conformidade Ambiental
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FAMOR	Fundação Ambiental de Orleans
FATMA	Fundação do Meio Ambiente
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PGA	Programa de Gerenciamento Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SAD69	<i>South American Datum 69</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SOSMA	SOS Mata Atlântica
SR	Sensoriamento Remoto
UTB'S	Unidade Territoriais Básicas
UTM	Sistema Universal Transverso de Mercator
WGS84	<i>World Geodetic System 84</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	16
2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	17
2.3 ÍNDICES AMBIENTAIS	19
2.4 ECODINÂMICA	21
2.4.1 Meios Estáveis.....	22
2.4.2 Meios Intergrades.....	23
2.4.3 Meios Instáveis	23
2.4.4 Forçantes Físicas da Ecodinâmica	23
2.4.4.1 Geologia	24
2.4.4.2 Pedologia	24
2.4.4.3Vegetação e Uso do Solo.....	24
2.4.4.4 Declividade.....	24
2.4.4.5 Pluviometria.....	25
2.4.4.6 Hidrografia.....	25
2.5 CARTOGRAFIA.....	25
2.5.1 Mapas	26
2.5.2 Carta e Planta.....	27
2.5.3 Escala.....	28
2.5.4 Sistemas de Referência e <i>Datum</i>	28
2.5.5 Sistema de Projeção Cartográfica	30
2.5.5.1 Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM.....	32
2.6 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIG.....	32
2.6.1 Estrutura de dados <i>raster</i> e dados vetoriais.....	33
2.6.1.1 Estruturas de dados <i>raster</i>	33
2.6.1.2 Estrutura de dados vetorial.....	34
2.6.2 Álgebra de mapas.....	34
2.6.3 Análise de Multicritérios e o Processo Analítico Hierárquico (AHP)	35
2.7 MODELOS PARA OBTENÇÃO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	36
2.7.1 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio nos Índices de Dissecação do Relevo (Ross, 1994).....	37

2.7.2 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio nas Classes de Declividade (ROSS, 1994).....	38
2.7.3 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio em UTB'S – UNIDADE TERRITORIAIS BÁSICAS (CREPANI, 1996).....	39
3 METODOLOGIA	42
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	42
3.2 IDENTIFICAÇÃO DE METODOLOGIAS E CRITÉRIOS PARA OBTENÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL	44
3.3 OBTENÇÃO DAS BASES DE DADOS	44
3.4 OBTENÇÃO DO MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	45
3.4.1 Fluxograma da elaboração do mapa de fragilidade ambiental.....	48
3.5 CORRELAÇÃO DO MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL COM A BASE DE DADOS EMPRESARIAL	48
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	50
4.1 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS DECLIVIDADE.....	50
4.2 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS GEOLOGIA.....	51
4.3 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS HIDROGRAFIA.....	54
4.4 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS PLUVIOMETRIA	55
4.5 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS PEDOLOGIA.....	57
4.6 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS VEGETAÇÃO	59
4.7 MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	61
4.8 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS EMPREENDIMENTOS	62
5 CONSIDERAÇÃO FINAIS	64
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE(S)	72
APÊNDICE A – Mapa de Fragilidade Ambiental	73

1 INTRODUÇÃO

A exploração do meio ambiente pelo ser humano causa diversos desequilíbrios ambientais. As condições outrora prístinas sofrem com tais desequilíbrios e buscam uma nova dinâmica de regulação. Com o passar do tempo, novas técnicas foram descobertas, como o cultivo do solo, aprimorando seu suprimento e consequentemente abrindo espaço para o crescimento populacional. Porém, nesta etapa, a oferta de bens superava o consumo, não oferecendo grandes danos ao meio ambiente (TRICART, 1977).

Nas últimas décadas, o aumento populacional associado à busca por melhor qualidade de vida intensificou a industrialização em cidades, como também, a mecanização da agricultura em sistema de monocultura, a generalizada implantação de pastagens, a intensa exploração de recursos energéticos e matérias-primas como o carvão mineral, petróleo, recursos hídricos minerais. Como consequência o meio ambiente começou a sofrer com processos degenerativos profundos de degradação, alterando de modo irreversível o cenário terrestre (ROSS, 1994).

Deste modo, discussões sobre a questão ambiental iniciaram em todo mundo, a primeira de destaque internacional relacionado à questão ambiental aconteceu no ano de 1890 nos Estados Unidos, com a criação do Parque de *Yellowstone*, sendo esse a primeira área de proteção ambiental do planeta (RIBEIRO, 2001).

No século seguinte, em 1972, aconteceu em Estocolmo na Suécia a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. O encontro foi um marco mundial em relação ao meio ambiente, sendo que os objetivos davam ênfase às questões referentes à poluição ambiental, ao acelerado processo de industrialização e urbanização, a relação entre uso dos recursos naturais e crescimento populacional (FAGUNDES, FRAISOLI, 2012).

A partir daí, diversos encontros foram criados para abordar o tema meio ambiente, dando destaque a Comissão Mundial e Desenvolvimento em 1983, que se intitulou o tema desenvolvimento sustentável e a Eco 92 em 1992 no Rio de Janeiro, que criou o documento conhecido como Agenda 21 (FERREIRA 1992; FAGUNDES; FRAISOLI, 2012).

No Brasil, os primeiros movimentos considerados ambientais surgiram a partir de 1930. Primeiramente, tais movimentos diziam respeito ao uso e ocupação de território, sendo uma preocupação geopolítica, marcando assim o controle federal sobre a biodiversidade do país. Porém, a maioria das mudanças das políticas públicas ambientais nacionais só se efetivaram a partir da Constituição Federal de 1998, a qual implantou a Política Nacional de Meio Ambiente (FAGUNDES; FRAISOLI, 2012)

Além da Política Nacional de Meio ambiente, as Constituições Estaduais passaram a ter capítulos sobre preservação do meio ambiente e os municípios passaram a ter dispositivos legais que seguem a mesma linha, como as Leis Orgânicas e os Planos Diretores, sendo estes capazes de estabelecer normas que regulamentam o território e as atividades sociais, econômicas e ambientais da cidade (FAGUNDES; FRAISOLI, 2012).

Deste modo, o planejamento de cidades, deve ser visto de forma ampla, sendo elemento básico para o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Voltado à melhor utilização e gestão de uma unidade territorial, cujo a pesquisa e o diagnóstico de uma área tornam-se caminho para compreensão das suas potencialidades e suas fragilidades (ALBANO, 2013).

Assim, objetivo deste trabalho é a elaboração de um mapa de fragilidade ambiental para auxiliar no planejamento urbano e ambiental tanto na área pública, quanto na iniciativa privada, contribuindo para o uso e ocupação de áreas mais estáveis, preservando os locais mais frágeis, mais propícios a degradação e a poluição ambiental.

Para atingir a meta geral deste trabalho são definidos passos complementares como objetivos de: elaborar um banco de dados em ambiente SIG dos processos de licenciamento ambiental da empresa; elaborar um banco de dados cartográficos ambientais, em ambiente SIG, contendo os temas ambientais do município de Orleans; implementar uma metodologia multicritério para cruzamento de dados em ambiente computacional visando a obtenção do índice de fragilidade e relacionar o mapa de fragilidade gerado com o banco de dados de licenciamento ambiental da empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi elaborado a partir de uma pesquisa bibliográfica a fim de atingir um maior embasamento temático sobre planejamento ambiental, legislação ambiental, a Ecodinâmica de Tricart (1977) e suas forçantes, conceitos históricos da cartografia, geoprocessamento e SIG, bem como índices ambientais.

2.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Planejar pode ser considerada a principal característica que diferencia as atividades humanas dos outros seres vivos. Devido a sua racionalidade, os seres humanos podem analisar situações anteriores e ter conhecimento para repetir o que deu certo e evitar os erros do passado no futuro (FLORIANO, 2004).

Porém, o processo de planejamento não ocorreu ao longo do desenvolvimento da grande maioria das cidades, tornando assim, uma realidade drástica de exclusão e segregação social culminando em extremos ambientais. Diante disso, foi que nasceram novas e possíveis respostas, algumas muito eficazes, como o método de buscar um processo mais equilibrado de desenvolvimento com o meio ambiente. Assim surge o termo sustentabilidade, sendo um novo modelo de desenvolvimento, a qual satisfaz às necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas (SILVA; WERLE, 2007).

Alguns planos e estratégias foram tomados a fim de vincular empreendimentos ao planejamento ambiental. O primeiro e talvez o mais importante instrumento deste planejamento foi o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental, que conforme artigo 2º do CONAMA nº 01 de 1986, dependerá da aprovação destes estudos pelo órgão estadual do meio ambiente a instalação e operação de diversos tipos de empreendimentos. Outros tipos de planos podem ser citados como o Plano de Gestão Ambiental (PGA), Estudo de Conformidade Ambiental (ECA), Estudo Ambiental Simplificado (EAS), Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), entre outros (SILVA; WERLE, 2007).

Assim, SIQUEIRA (2000) afirma que é o papel do poder público garantir diversas funções sociais de uma cidade, entre elas o meio ambiente. Com o avanço da industrialização e ocupação urbana em todo território nacional, tomou-se como obrigação dos órgãos públicos, de âmbito nacional, estadual e municipal a criação de leis de proteção ao meio ambiente para evitar e minimizar os danos causados pelo ser humano.

Diante disso, há a necessidade da utilização de novas metodologias que abrangem o planejamento no âmbito da paisagem em seus diferentes aspectos, sendo uma delas através de análise espacial. De acordo com Silva e Zaidan (2004), os principais estudos ambientais são manipulados por uma grande quantidade de dados, e por sua própria natureza, estes dados necessitam de georreferenciamento e de uso de técnicas que permitam o cruzamento e a análise de informações territorialmente espacializadas.

Para responder de forma eficaz aos desafios do planejamento e da gestão municipal, no que diz respeito à geoinformações, contamos com os avanços tecnológicos nas áreas espaciais, principalmente diante de geotecnologias como sensoriamento remoto (SR) e sistemas de informação geográfica (SIG). Estas tecnologias possibilitam, de forma sistemática e em diferentes escalas, monitorar mudanças e fazer análises sobre as ocupações antrópicas, auxiliando o desenvolvimento de estratégias para gerenciá-los (CUNHA, 2001; SOUZA, 2012).

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Atualmente no Brasil, existem diversas regulamentações de caráter ambiental vigente, porém iniciou-se de forma mais ativa com a criação da Lei nº 4.771/1965, que instituiu o Código Florestal Brasileiro, substituindo o antigo código de 1934, que até então visava apenas à erosão da terra, já que, devido à explosão do crescimento econômico do país, não queria inutilizar as atividades de produção. O novo código de 1965 tinha como principal preocupação os recursos hídricos e as áreas de risco, como encostas e dunas, denominadas de áreas de preservação permanente (RIBEIRO, 2010; DULINSKI, 2012; GARCIA, 2012).

No século passado, houve um crescimento urbano desordenado nas cidades em relação as áreas rurais, diante disso, em 1979 com a Lei nº 6.766 se estabeleceu uma política de controle e fiscalização da ocupação dessa população, a

fim de evitar que em determinados lugares haja lotações desnecessárias e em outros haja menor número populacional, tendo objetivo a adequação do ordenamento territorial (BEZERRA, 2010).

No Artigo 6º desta lei, comenta sobre projeto de loteamento, diz que:

Antes da elaboração do projeto de loteamento, o interessado deverá solicitar à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal quando for o caso, que defina as diretrizes para o uso do solo, traçado dos lotes, do sistema viário, dos espaços livres e das áreas reservadas para equipamento urbano e comunitário, apresentando, para este fim, requerimento e planta do imóvel contendo, pelo menos:

- I - as divisas da gleba a ser loteada;
- II - as curvas de nível à distância adequada, quando exigidas por lei estadual ou municipal;
- III - a localização dos cursos d'água, bosques e construções existentes;
- IV - a indicação dos arruamentos contíguos a todo o perímetro, a localização das vias de comunicação, das áreas livres, dos equipamentos urbanos e comunitários existentes no local ou em suas adjacências, com as respectivas distâncias da área a ser loteada;
- V - o tipo de uso predominante a que o loteamento se destina;
- VI - as características, dimensões e localização das zonas de uso contíguas.

Deste modo, entende-se que, é competência do órgão municipal definir o uso e ocupação do solo do seu território.

Já em 1981, com a instituição da Lei 6.938 foi estabelecida a Política Nacional do Meio Ambiente, sendo definido, no Art. 6º desta lei, os órgãos e entidades responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituindo Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, sendo assim estruturado:

- I - órgão superior: o Conselho de Governo, com a função de assessorar o Presidente da República na formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais;
- II - órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida;
- III - órgão central: a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República, com a finalidade de planejar, coordenar, supervisionar e controlar, como órgão federal, a política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente;
- IV - órgãos executores: o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes, com a finalidade de executar e fazer executar a política e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente, de acordo com as respectivas competências;

V - Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental;

VI - Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições; (BRASIL, 1981).

Para minimizar o impacto ambiental gerado pelas indústrias, o CONAMA instituiu a resolução 01/86, que exige que os empreendimentos com potencial de degradação sejam passíveis de licenciamento, ou seja, um procedimento de avaliação dos impactos que o empreendimento pode causar ao meio, tanto na fase de instalação quanto na fase de operação (DULINSKI, 2012). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015) licenciamento ambiental é definido como:

procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental autoriza a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

Considerando ainda o Art 6º da Lei nº 6.938/81, destacam-se os parágrafos V e VI, que constituem o órgão estadual (Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA) e municipal (Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente - CONDEMA) como membros do SISNAMA, tendo responsabilidade de controle e proteção do meio ambiente nas áreas de suas competências. O órgão do estado de Santa Catarina é representado pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA, e municipal na cidade de Orleans, pela Fundação Ambiental de Orleans – FAMOR, que dividem a autoridade de fiscalização de empreendimentos possivelmente poluidores do meio ambiente, conforme o CONSEMA 13 e 14. Estas resoluções estaduais aprovam a listagem das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental passíveis de licenciamento pelo estado e pelo município respectivamente, conjunto, ao tipo de estudo a ser apresentado pelo empreendimento conforme seu tamanho e porte (BRASIL, 2015).

2.3 ÍNDICES AMBIENTAIS

Termos como fragilidade, vulnerabilidade, susceptibilidade, risco e perigo ainda sofrem confusões conceituais diante a literatura. Em muitos trabalhos e textos

são usados como sinônimos ou até mesmo se complementam, porém possuem significados diferentes (GRIGIO, 2003).

O termo fragilidade é citado na maioria das vezes na geografia física, normalmente mencionado como fragilidade do meio físico. Este termo é constantemente ligado a algo que pode vir a se tornar frágil quando exercida algum fator externo ao meio. No caso do meio físico, está ligado aos causadores e as causas que tornam o meio ambiente instável, que na maioria das vezes relacionam-se aos meios antropizados (SANTOS E VITTE, 1998).

A fragilidade ambiental proposta por Ross (1994) baseia-se na aplicação da ecodinâmica elaborada por TRICART (1977) para uso em projetos de planejamento ambiental, no qual é associado os meios instáveis a áreas que sofrem intervenção antrópica e meios estáveis aquelas que se encontram em seu estado natural, sem intervenção do homem.

A vulnerabilidade ambiental está ligada ao conjunto de fatores ambientais de um ecossistema que, diante de atividades que venham se manifestar, poderá sofrer adversidades e afetar, de modo vital, total ou parcial a estabilidade ambiental de uma região (ALHEIROS, 1996). Este termo está relacionado ao risco quando entende-se que, a vulnerabilidade de uma área interfere na capacidade de risco da mesma, ou seja, quanto mais vulnerável é uma área, maior o risco de ocorrer um acidente.

O estudo da vulnerabilidade ambiental ainda não dispõe de uma sistemática consagrada, ou de modelos aplicáveis à diferentes situações. O cálculo das perdas potencialmente envolvidas nas áreas sujeitas à acidentes, demanda informações sobre o valor de áreas ocupadas ou ermas, em termos monetários, o que ainda não é facilmente mensurável. Qual é, por exemplo, o valor do km² de uma encosta densamente ocupada num bairro popular, sujeita a escorregamento? Qual o valor do km² de manguezal destruído? Qual o preço da biodiversidade de um determinado ecossistema ameaçado? Quanto vale uma vida humana? (ALHEIROS, 1996).

Já o conceito de susceptibilidade expõe a passividade de receber novas influências sobre a região mencionada, ou seja, adquirir uma nova qualidade ou característica diferente da anterior. Este termo é muito relacionado aos desencadeamentos de fenômenos naturais, que juntamente a vulnerabilidade é um fator que conceitua o risco (ALHEIROS, 1996; TAGLIANI, 2002).

Deste modo, entende-se risco como as consequências em termos de danos de vidas, propriedades e serviços caso um desastre venha ocorrer. Para

avaliação de um risco devem ser consideradas a suscetibilidade da região e a vulnerabilidade do sistema, sendo que a suscetibilidade expressa as características predisponentes do meio, ou seja, a fragilidade da região frente aos processos geológicos e a vulnerabilidade expressa o grau das perdas materiais e humanas, refletindo portanto a fragilidade dos sistemas implantados na região considerada (ALHEIROS, 1996).

A formulação mais reduzida a que chegam a maioria das propostas apresentadas para a obtenção do risco, é expressa por $R = f(S) \cdot f(V)$. Embora não se trate de uma fórmula matemática, o risco (R) é expresso como uma função da suscetibilidade do meio físico (S) e da vulnerabilidade do sistema (V), sendo estes representadas por suas fragilidades (ALHEIROS, 1996).

O risco ambiental não pode ser confundido com o anúncio de um fato x na hora y . O risco não expressa uma corrente de determinações que conduzam necessariamente a um resultado prognosticado. Por isso, falar sobre riscos, no campo ambiental, tem sempre o caráter de um alerta que mobiliza argumentativamente a imaginação de movimentos lineares que levam impreterivelmente à catástrofe, ou pelo menos, a um dano irreparável, se... se nós não fizermos alguma coisa Brüseke (1997, p. 124-125)

Por fim, conceitua-se perigo como a fonte da ocorrência de um desastre, ou seja, é uma condição ou um conjunto de circunstâncias que têm o potencial de causar ou contribuir para um dano ao meio ambiente (Alheiros, 1996).

2.4 ECODINÂMICA

TRICART (1977, p. 35) afirma que,

Não podemos nos limitar à descrição fisiográfica, do mesmo modo que o médico não pode se contentar com a anatomia. Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece.

O princípio das Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977) tem por objetivo o manejo adequado dos métodos de avaliação dos recursos ecológicos de modo que possa avaliar os impactos que a inserção de tecnologia pode causar no meio ambiente. Este tipo de estudo visa à caracterização dos diversos aspectos, e

determinação de seus respectivos indicadores, que sejam agentes da manutenção da vida de um ecossistema, e estejam susceptíveis direta ou indiretamente à ação humana (BELFORT; BARBOSA, 2011).

Anteriormente, entendia-se que, para conhecer os fenômenos que ocorrem no planeta, seria necessário desligá-lo do seu enquadramento natural e estudá-lo separadamente, nas suas qualidades, suas causas e efeitos particulares. Tricart (1977) propôs uma nova ótica no que se refere ao estudo destes fenômenos, defendendo que, o planeta deve ser entendido de forma dinâmica, na qual há uma interdependência dos fatores (BARROS; SAITO; NOFFIS, 2000). Assim, Tricart (1977) criou e distinguiu três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade de processos naturais e antrópicos, são eles: os meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis, porém a chave para o entendimento dessa classificação é conhecer a relação morfogênese – pedogênese (BARROS; SAITO; NOFFIS, 2000).

O componente mais importante da dinâmica da Terra é a morfogênese. Este processo produz instabilidade da superfície, um fator limitante essencial para o desenvolvimento dos seres vivos, cita-se como exemplo, uma área de intenso ravinamento, que a vegetação é pobre, com biomassa reduzida e pouca variedade específica. Existe uma oposição entre morfodinâmica e o desenvolvimento da vida. Um dos objetivos da administração do meio ambiente é necessariamente, diminuir a morfogênese. Já a pedogênese consiste na transformação específica de material mineral das rochas em material distinto, a formação de recursos superficiais, ou seja, o solo (TRICART, 1977).

2.4.1 Meios Estáveis

Um ambiente considerado estável evolui lentamente, na maioria das vezes imperceptível, os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento. Deste modo, a condição de um meio estável se aproxima do termo utilizado pelos ecologistas, o *clímax* (TRICART, 1977).

Segundo Tricart (1977), os meios morfodinâmicos estáveis se encontram em regiões com uma série de condições, como, cobertura vegetal fechada; dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas. Neste contexto, as

relações mais complexas se estabelecem entre estas condições, conduzindo mecanismos de compensação e autorregulação do meio ambiente.

2.4.2 Meios Intergrades

O termo intergrade é utilizado por geólogos para designar transição. Este meio se refere à passagem gradual do meio estável para o instável. Isso ocorre devido ao meio ambiente não fracionar igualmente suas características, ou seja, um meio não transgride pro outro, há um processo contínuo entre eles. O que caracteriza esse meio é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo de maneira concorrente sobre um mesmo espaço (TRICART, 1977).

2.4.3 Meios Instáveis

Nos meios instáveis o elemento predominante da dinâmica natural é a morfogênese, que predomina por todos os elementos subordinados do ambiente. Esta situação pode ser apresentada de diversas formas, um caso particular é o vulcanismo, quando um escorrimento de lavas, uma chuva de cinzas são manifestações brutais, com características catastróficas. Cita-se como exemplo a destruição da vegetação pela lava expelida, ou até mesmo a deformação de relevos que podem permanecer sem qualquer tipo de cobertura vegetal por anos. Conclui-se que, num meio instável, a pedogênese é interrompida e seus efeitos anulados pelos fenômenos morfogênicos (TRICART, 1977).

2.4.4 Forçantes Físicas da Ecodinâmica

A intervenção do ser humano sobre a natureza sempre se mostrou um desafio para a sociedade. A modificação do ambiente natural sem perspectiva futura causa consequências incalculáveis ao meio ambiente, diante disto, cabe-se entender os fatores que o constituem, e seus comportamentos diante a influência humana (ALVES, 2013).

2.4.4.1 Geologia

A geologia é pouco abordada nos estudos de ecodinâmica e em estudos de fragilidade ambiental. Porém entende-se que este fator está alinhado com a instabilidade ecodinâmica de uma área pela evolução geológica do ambiente, bem como em relação a litologia, cujo a resistência ao intemperismo influencia na dinâmica e transformação do relevo. Deste modo, em relação a fragilidade ambiental, compreende-se que a geologia é definida pela sua resistência a morfogênese (SILVEIRA; FIORI; OKA-FIORI, 2005).

2.4.4.2 Pedologia

Na ecodinâmica, os solos participam como produto do balanço da morfogênese e pedogênese, apontando qual dos dois processos estão prevalecendo na área em estudo, de acordo com seu grau de maturidade. Em uma paisagem natural há o predomínio da pedogênese, sendo considerado um ambiente estável, enquanto em áreas que predomina o transporte de materiais, ou seja, processo morfogênicos, considera-se um ambiente instável. Deste modo, a principal característica dos solos para estabelecer uma relação com a fragilidade ambiental é a sua maturidade (SILVEIRA; FIORI; OKA-FIORI, 2005).

2.4.4.3 Vegetação e Uso do Solo

De acordo com Tricart (1977) a cobertura vegetal desempenha o papel de estabilizador dos processos morfodinâmicos, ou seja, quanto mais densa a vegetação, maior o desencadeamento de processos mecânicos da morfogênese. Além disso, a baixa energia de transporte de material, favorece os processos pedogênicos e restringem os morfogênicos. Porém, a retirada da vegetação e o uso desordenado do solo favorecem a morfogênese, já que tornando o solo exposto, o mesmo tende a sofrer processos erosivos de diversas fontes, seja natural como o escoamento pluvial, ou antrópico (ROSS, 1994).

2.4.4.4 Declividade

A declividade é o principal índice utilizado na avaliação de fragilidade ambiental. Destaca-se a intensa fragilidade em morros altos de topos convexos e aguçados, estas áreas estão susceptíveis a deslizamentos ou escorregamentos, devido aos altos desníveis topográficos e solos rasos em períodos de chuvas intensas. As áreas de planícies baixas também são consideradas de alta fragilidade, pois apresentam risco de inundações e solapamentos das bordas dos rios (SÃO PAULO, 2010)

2.4.4.5 Pluviometria

A pluviometria caracteriza-se como um importante fator a ser observando quando relacionada a fragilidade ambiental de uma área. De acordo com a quantidade de precipitação de uma região, os processos morfogênicos tendem a prevalecer. Consequente a outros fatores, principalmente ao uso do solo, por exemplo em uma grande metrópole, a ausência de vegetação e permeabilidade do solo expõe o mesmo as condições climáticas na qual pode acarretar sérios problemas ambientais e sociais (SANTOS, 2005).

2.4.4.6 Hidrografia

A formação de planícies em regiões de confluência tem especial complexidade, devido à morfogênese com atuação de rios de diferentes características de regime climático, arcabouço geológico e tectônico (MORAES et al., 2014 p. 361). Além disto, entende-se que, quanto mais próximo de um recurso hídrico, mais complexo é o ecossistema, tornando-o mais frágil.

2.5 CARTOGRAFIA

Para compreender a história dos sistemas de informação geográfica é preciso indagar que seu desenvolvimento se deu à evolução dos modos de se fazer e usar mapas. Desde as antigas civilizações, dados geográficos eram coletados por navegadores e repassados a cartógrafos, que representavam estes dados em forma de mapas. Na história, verifica-se que os mapas antigos serviam de orientação no espaço geográfico, serviam para análise dos lugares e como chegar até eles. Com o passar do tempo, os mapas começaram a ser utilizados como metodologia de

comunicação de dados antigos e mais recentes e atualmente são utilizados em bases computacionais, deste modo, entende-se que o desenvolvimento da cartografia aconteceu naturalmente com o desenvolvimento da humanidade (LOCH, 2006).

Dentro da cartografia existe a cartografia temática, a qual caracteriza-se pelos mapas que vão além da representação do terreno. Os objetos tratados são críticos e explicativos, sendo que de acordo com sua aparência e aspecto identifica-se o uso preterido. A cartografia temática pode ser representada por diversos mapas, sendo eles históricos, políticos, econômicos ou então técnicos (JOLY, 2003; LOCH, 2006).

Para o IBGE (1999) a cartografia temática é composta por mapas, plantas e cartas, destinados a estudos específicos, muito utilizados em trabalhos referentes a estruturas territoriais e ambientais. Deste modo, para os estudos ambientais, usa-se bases cartográficas já existentes, manipulando seus dados, como, rios e vegetações (LOCH, 2006).

Na elaboração de um mapa temático, é substancial que seja definida a base cartográfica, os dados e os formatos de apresentação dos mesmos, isto de acordo com a finalidade do projeto. Nos mapas temáticos existem elementos para representação gráfica, são eles os pontos, as linhas e as áreas. Além disso, a edição final deve ser representada com cores e tonalidades adequadas, conforme hierarquia visual, ou seja, de forma clara, objetiva e precisa, proporcionando um melhor entendimento ao leitor (MIRANDA, 2005).

Vale ressaltar que os mapas temáticos são divididos em duas categorias. Os qualitativos que representam a distribuição espacial ou localização de algum fenômeno geográfico e os quantitativos que representam as características espaciais de dados numéricos (LOCH, 2006).

2.5.1 Mapas

Em diversas outras áreas não relacionadas a cartografia, como medicina e economia, também são usados termos como mapas e mapeamento. Nas ciências citadas, mapeamento se refere uma forma de levantamento de dados e de apresentá-los, ou ainda, um instrumento para facilitar o entendimento de um fenômeno qualquer, que pode ou não ser geográfico. Muitas das vezes, este

mapeamento é organizado e apresentado por uma lista de palavras e números, gráficos e linhas, diferindo da representação adotada pelos profissionais da geociência, deste modo, entende-se que mapa e mapeamento assumiram um significado mais amplo com o passar do tempo (LOCH, 2006).

Para os cartógrafos, os mapas são veículos de transmissão do conhecimento, ou seja, cada mapa tem sua característica, pode ser o mais amplo e variado possível ou o mais restrito e objetivo, dependendo do seu autor, e o tema escolhido a ser abordado, porém, todos são representações gráficas de determinado espaço geográfico, para transmitir uma visão subjetiva e conhecimento para as pessoas (LOCH, 2006).

O que difere mapa de outros tipos de representações cartográficas são características como: representação plana, geralmente em escala pequena; área delimitada por meios naturais ou político-administrativos; e na maioria das vezes tem destinação para fins temáticos, culturais ou ilustrativos. Deste modo, pode-se conceituar mapa como uma representação plana, em escala pequena, com o intuito de apresentar aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de certa área da superfície terrestre, delimitada por elementos físicos e político-administrativos, destinada aos mais diversos tipos de usos (IBGE, 1999).

2.5.2 Carta e Planta

Há uma confusão no Brasil entre as palavras mapas, cartas e plantas, tendo origem na fala popular do uso de documentos cartográficos, as pessoas que manuseavam foram criando novos nomes e criando tal situação. Na Europa e Estados Unidos, não há divergência entre mapa, carta e planta, todos têm apenas um método gramatical. Atualmente, estes termos estão ligados à escala de representação (LOCH, 2006).

A carta é representada em escalada média ou grande, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais, com finalidade de possibilitar a avaliação de detalhes pequenos, porém citados, com grau de precisão compatível com sua escala. Já a planta é uma representação de escala muito grande, se restringindo a uma pequena área, conseqüentemente, o número de detalhes é muito maior (IBGE, 1999; LOCH, 2006).

2.5.3 Escala

Os mapas são representações reduzidas do mundo real e a relação dimensional entre a representação gráfica e a realidade se chama escala, ou seja, é a relação entre o tamanho dos elementos representados em um mapa e o tamanho correspondente sobre a superfície da Terra. A escala é representada pela seguinte forma: 1:25.000, isto significa que, uma unidade do mapa, indica vinte e cinco mil unidades sobre o terreno. Destaca-se também que a escala é uma informação que deve constar em mapas, cartas, ou em qualquer representação geográfica (ROSA; BRITO, 1996; IBGE, 1999; LOCH, 2006).

Quadro 1- Escalas, precisão gráfica e precisão real

ESCALAS	PRECISÃO GRÁFICA	PRECISÃO REAL (m)
1: 5.000	0,2 mm	1*
1: 10.000	0,2 mm	2
1: 25.000	0,2 mm	5
1: 50.000	0,2 mm	10
1: 100.00	0,2 mm	20

Fonte: Rocha, 2002

* Escala proposta por Al Gore, para mapeamento digital da Terra (Gore, 1998 apud Rocha, 2002).

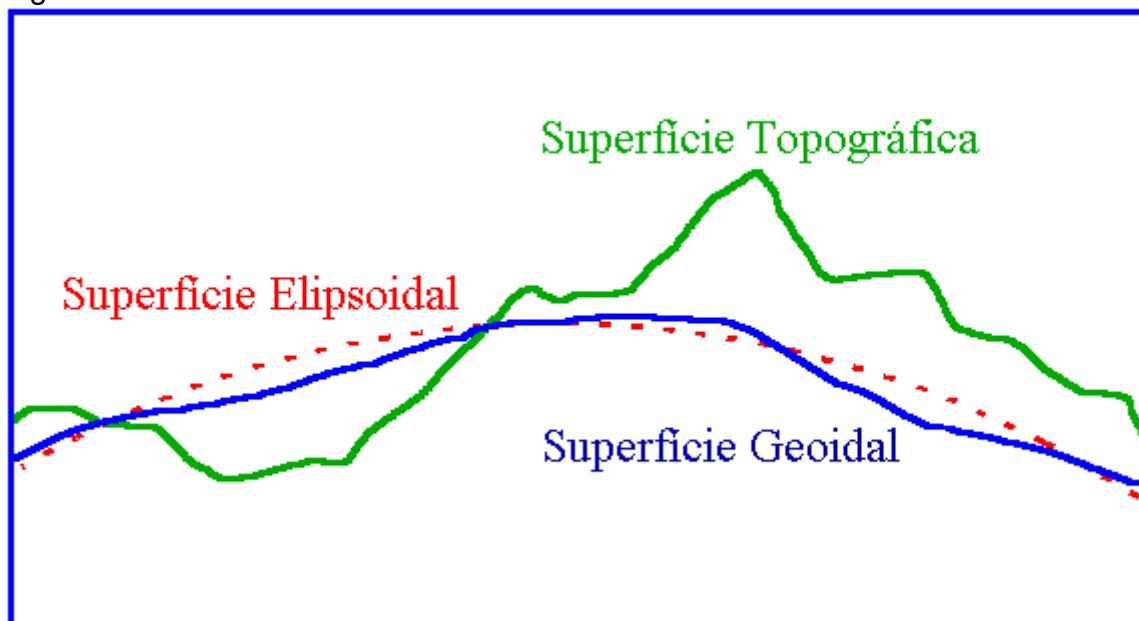
2.5.4 Sistemas de Referência e *Datum*

O aparecimento do *Global Positioning System* – GPS, transformou as atividades que necessitam de localização e posicionamento geográficos. O interesse por um geóide mais apurado e preciso aumentou para aplicações e trabalhos nas áreas de mapeamento e engenharia (SILVERA 2005, apud ROQUE et al., 2006).

Sendo a Terra uma figura indefinida e impossível de ser representada graficamente e, como se sabe, não é perfeitamente esférica. Sua forma real é considerada como sendo aquela obtida pelo prolongamento da superfície média dos oceanos através dos continentes, idealizada por Carl Friedrich Gauss (físico matemático alemão – 1777-1855). A essa superfície é chamada de Geóide. É uma forma “quase” perfeita da Terra (Filho, 2001).

A popularização das atividades de georreferenciamento ocasionou a necessidade de se obter um desmembramento entre as superfícies do geóide e elipsoide (COSTA; LIMA, 2005). O elipsoide é a figura matemática que imita a forma real da Terra. Sua finalidade é possibilitar cálculos que seriam impossíveis para a superfície real do globo terrestre (SILVERA 2005, apud ROQUE et al., 2006).

Figura 1- Modelos Terrestres



Fonte: Petter, 1994

Os sistemas de referência são utilizados para descrever as posições de objetos. Quando há a necessidade de identificar e apontar uma informação na superfície da Terra são utilizados os sistemas de referência terrestres ou geodésicos. Estes, se associam a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas. As coordenadas por sua vez podem ser apresentadas em forma de superfície esférica, que recebem a denominação de coordenadas geográficas ou em uma superfície plana, que são chamadas de projetadas. O sistema geodésico de referência nada mais é do que um modelo matemático que descreve a forma da Terra, permitindo assim referenciar posições sobre sua superfície. Uma das componentes desse sistema geodésico de referência é o *datum*, um ponto de origem do sistema para a referência das coordenadas (IBGE, 2006).

De acordo com o INPE (1999) o *datum* caracteriza-se por uma superfície posicionada em relação a Terra. Existem dois tipos de *datum*, o planimétrico ou horizontal e o *datum* altimétrico ou vertical.

Ao longo dos anos, os modelos matemáticos foram se adequando e hoje pode-se dizer que a representação da Terra mais contundente é o elipsoide de revolução, porém diversos países adotam elipsoides com parâmetros diferentes, com o objetivo de que se ajustassem melhor as suas regiões e que apresentassem resultados mais preciso (TIMBÓ, 2001).

O *datum* planimétrico é estabelecido por cinco parâmetros, dois para definir a elipsoide de referência e três para definir o vetor de translação entre o centro da Terra e o do elipsoide. Já o *datum* altimétrico, refere-se à superfície de referência usada para definir as altitudes de pontos de superfície terrestre. As medições são feitas a partir do nível do mar, utilizado marégrafos, que no Brasil está localizado em Imbituba, Santa Catarina. Alguns *data* adotados no Brasil são: SAD-69, WGS84, e SIRGAS2000 (INPE, 1999).

Em 35 de fevereiro de 2005, a Resolução do Presidente do IBGE Nº 1/2005 estabeleceu que o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro e para o Sistema Cartográfico Nacional. A resolução também estabelece um período de transição a partir da assinatura da resolução até 10 anos, onde o SIRGAS2000 pode ser utilizado juntamente com o SAD69 para o Sistema Geodésico Brasileiro e com o SAD69 e Córrego Alegre para o Sistema Cartográfico Nacional (IBGE, 2005)

2.5.5 Sistema de Projeção Cartográfica

As projeções cartográficas são uma necessidade imposta devido à impossibilidade de transformar uma superfície esferoidal em um plano, sem provocar rupturas, estiramentos, dobras e outras deformações (TIMBÓ, 2001 p. 19).

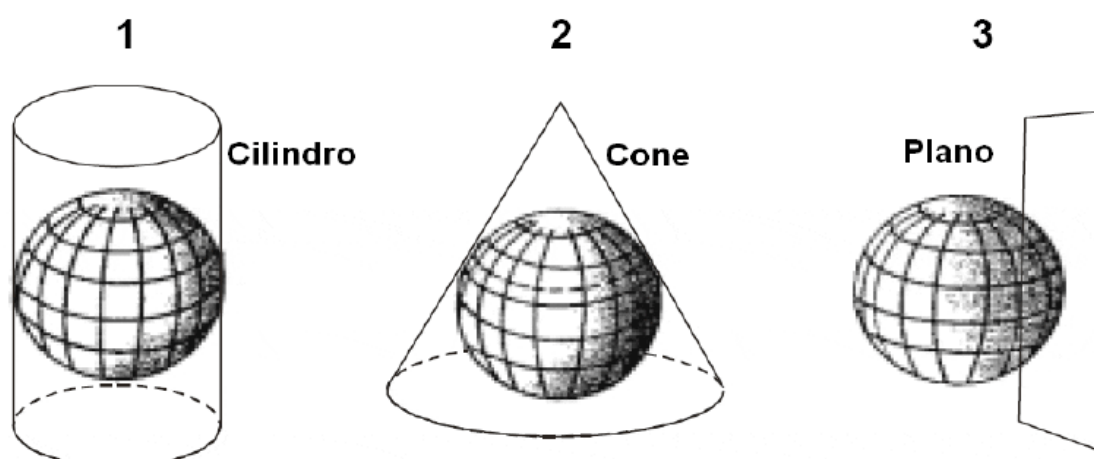
Como os sistemas de coordenadas tem por finalidade representar a posição de pontos sobre uma superfície, devem ser escolhidos conforme a superfície de projeção (BENDO, 2013). As superfícies de projeção podem ser planas, cilíndricas ou cones, que podem ser secantes ou tangentes à elipsoide,

dependendo das propriedades que será conservada ou realçada na transformação (TIMBÓ, 2001).

Deste modo, a forma projetada ou plana terá uma série de vantagens sobre a forma original da terra. Porém, qualquer projeção de uma superfície não plana sobre um plano provoca alterações nos comprimentos, nas formas, ou nas áreas. Um sistema que conserve um destes atributos, forçará a deformação do outro, por exemplo, se a distância for conservada, haverá uma deformação nas formas e nas áreas. Diante disso, qualquer que seja o sistema escolhido, constituirá a melhor representação terrestre para o objetivo em questão, lembrando que, as deformações são matemáticas, consequentemente previsíveis e controláveis, podendo ser corrigidas em qualquer situação (TIMBÓ, 2001).

Para obter pontos terrestres para um plano de projeção, requisita-se a definição de um sistema de coordenadas para garantir a correspondência em ambas as superfícies. As coordenadas no modelo elipsóide são representados em termos de latitude e longitude, já as coordenadas no plano de projeção são expressas em um sistema cartesiano retangular, com eixo X (vertical) e eixo Y (horizontal) (TIMBÓ, 2001).

Figura 2- Sistemas de Projeção Cartográfica



Fonte: Bochichio, 1989

2.5.5.1 Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM

A projeção adotada no Mapeamento Sistemático Brasileiro é o Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM), que é também um dos mais utilizados no mundo inteiro para cartografia sistemática (TIMBÓ, 2001 p. 20).

O UTM é um sistema de coordenadas baseado no plano cartesiano, utiliza o eixo x e y, diferentemente das coordenadas geográficas. Além disso, utiliza o metro como unidade para medir distâncias e determinar a posição de um objeto.

Os fusos do sistema UTM, apontam em qual parte do globo as coordenadas são obtidas e aplicadas, sendo que o mesmo par de coordenadas podem se repetir nos 60 fusos diferentes. O UTM não apresenta coordenadas negativas, apenas indicam a longitude e a latitude de um ponto (FLUMINENSE, 2015).

2.6 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIG

A discussão sobre o conceito de sistema de informações geográficas foi criado na década de 60 e segue até hoje. Existem diversos conceitos de autores nacionais e estrangeiros, porém cada qual, defendendo seus argumentos e seus pontos de vista. Por exemplo, Burrough e McDonnell (1998) afirmam que o SIG é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico, nota-se que este conceito enfatiza as ferramentas existentes no SIG. Rosa e Brito (1996); Rocha (2002) definem SIG como um sistema aplicado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, ou seja, é uma tecnologia automatizada que facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes.

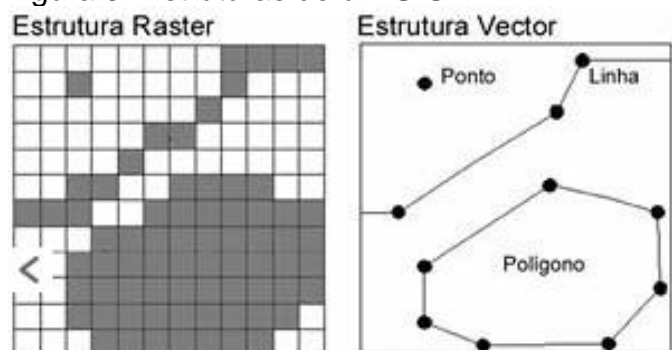
O SIG é considerado um sistema de elementos conectados, que constituem em unidades organizadas, com características próprias e denominadas a processos de transformação conhecidos. Desta forma, pode-se tomar um espaço como elemento, e as suas características de solo, relevo e uso de terra como alguns dos seus atributos, assim, o conjunto de elementos corresponde à área estudada e os dados disponíveis sobre os atributos representam a riqueza de informação locacional (ROSA; BRITO, 1996).

Quanto maior o número de atributos mensurados, melhor será a caracterização da área através do cruzamento das informações. Com o sistema básico do SIG, incluem-se fases de entrada de dados, transformação e saída de informação, pode-se prever a inclusão de novos elementos, aumentando a grandeza da área estudada, como também a inclusão de novos dados considerados importantes, este processo representa a realimentação do SIG (ROSA; BRITO, 1996; ROCHA, 2002).

2.6.1 Estrutura de dados *raster* e dados vetoriais

Mesmo que existam diversas maneiras de representar os dados espaciais em SIG, quase todas as variações produzidas são sobre dois tipos de estruturas, os dados *raster* e os dados vetoriais. A principal diferente entre estes dois tipos de dados está no modelo de espaço que cada um pressupõe. As estruturas vetoriais se baseiam em um espaço contínuo, enquanto as estruturas *raster* dividem o espaço geográfico em elementos discretos (ROSA; BRITO, 1996).

Figura 3- Estruturas de um SIG



Fonte: Adaptado de Maguire e Dangermond (1991)

2.6.1.1 Estruturas de dados *raster*

É o primeiro e mais antigo dos formatos de dados, se constrói através do uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se insere célula a célula o elemento que está sendo representado. Para cada célula é atribuído um código de forma que o programa sabe a que elemento pertence determinada célula. Desta forma, na representação *raster*, cada célula é individualmente integrada ao sistema por suas coordenadas, por exemplo, em uma matriz compostas por linhas e colunas.

Por fim, os dados *raster* são facilmente manipuláveis computacionalmente, porém requer grande espaço para o seu armazenamento, já que cada célula representa uma porção do terreno (ROSA; BRITO, 1996).

2.6.1.2 Estrutura de dados vetorial

Nas estruturas de dados vetoriais, é utilizada uma série de pontos, ou seja, as coordenadas para definir o limite do objeto de interesse. Pode-se dizer que, a estrutura de dados vetoriais é a tentativa de reproduzir um elemento o mais exatamente possível. Além disso, os dados vetoriais usam relações implícitas, permitindo que os dados sejam armazenados em menor espaço (ROSA; BRITO, 1996).

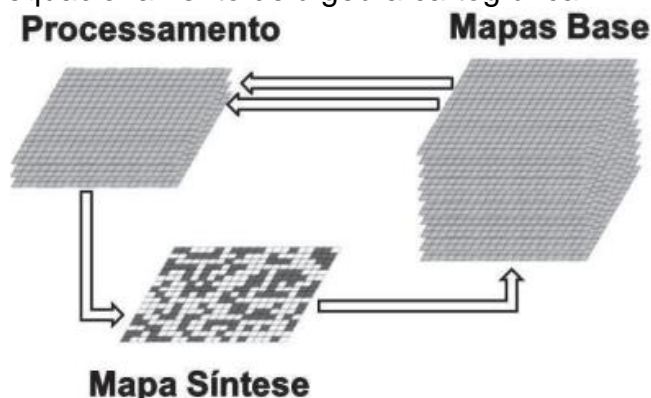
2.6.2 Álgebra de mapas

O conceito de álgebra de mapas é utilizado na literatura de geoprocessamento e sensoriamento remoto para caracterizar o conjunto de operadores de manipulam campos geográficos, ou seja, imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terrenos (BARBOSA, 1997).

A álgebra de mapas envolve uma linguagem especializada que compõe operações tanto no sentido matemático, quanto no sentido cartográfico e espacial. Deste modo, as operações matemáticas derivam de outros tipos de operações, podendo ser operações aritméticas, funções matemáticas, estatísticas, entre outros. Já as operações cartográficas e espaciais envolvem operações de ponderação, fatiamento, reclassificação e espacialização (SANTOS, 2010).

Para efetuar o cruzamento espacial de variáveis através desta técnica necessita-se de uma estrutura computacional, neste caso o SIG. Assim, através da álgebra de mapas, as decisões e os valores obtidos pelas operações podem ser sistematizados e espacializados, alcançando o objetivo da análise espacial (SANTOS, 2010).

Figura 4- Processamento de mapas para o equacionamento de álgebra cartográfica



Fonte: Adaptado de Soares Filho, 2000 apud Bendo 2013.

Quadro 2- Operações cartográficas de transformações de dados

Operação	Caracterização
Ponderação	Consiste em obter um campo numérico a partir de um campo Temático. Assim, cada local de uma área de estudo fica associado a um valor, indicando o peso de cada classe temática diante de uma operação quantitativa que se deseje modelar.
Fatiamento em classes	Consiste em obter um campo temático a partir de um campo numérico. Logo, cada local de uma área de estudo fica associado a um valor indicando, sob a forma de um conjunto de classes temáticas, os intervalos de valores registrados a partir de uma grade numérica.
Reclassificação	Consiste em obter um campo temático a partir de outro campo temático. Cada local de uma área de estudo é associado a um valor de um conjunto de classes temáticas, segundo uma tabela que modela o mapeamento entre os conjuntos de entrada e saída.
Espacialização	Atributos de objetos podem ser usados como base para a geração de campos, a fim de representar a sua variação espacial. A operação Espacialize gera um campo Numérico ou Temático a partir dos valores de algum atributo de objetos associados a elementos vetoriais.

Fonte: Adaptado de Cordeiro, Barbosa e Câmara, 2007 apud Bendo, 2013.

2.6.3 Análise de Multicritérios e o Processo Analítico Hierárquico (AHP)

A análise de multicritérios consiste em um conjunto de técnicas para assessorar um grupo de tomadores de decisão quando deparados com problemas mais complexos que necessitem valorar alguma situação. Avaliando e escolhendo as melhores alternativas para solucionar tal adversidade com diferentes critérios, pesos e pontos de vista (JANUZZI, MIRANDA, SILVA, 2009).

Existe diversas metodologias de análise multicriterial para tomada de decisão em um projeto. Estas metodologias representam diferentes formas para se chegar a uma decisão, porém, a seleção do método depende do problema particular

considerado, das preferências dos tomadores de decisão e de outros diversos fatores (FRANCISCO, 2006).

Segundo Santos (2009), o método AHP (Analytic Hierarchy Process) foi desenvolvido por Tomas L. Saaty no início da década de 70 e é o método de multicritério mais amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios. Este método baseia-se no método newtoniano e cartesiano de pensar, que busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar. O tema vem evoluindo desde então, com uma diversidade de contribuições em pesquisas. O processo básico de aplicação do AHP consiste em priorizar a importância relativa de n elementos de tomada de decisão em relação a um objetivo, através de avaliações parciais destes elementos, dois a dois facilitando a análise pelos avaliadores. Com base na comparação, a AHP pondera todos os subcritérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre 0 a 1, com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento (CAMARA, DAVIS, MONTEIRO, 2001; RAFAELI, 2007).

Em ambiente SIG a análise funciona como uma ferramenta de suporte a decisão, que consiste na escolha entre alternativas de maior ou menor importância em relação ao tema escolhido e ao projeto a ser executado. Deste modo, os critérios escolhidos recebem pesos, obtendo assim, um conjunto de valores que podem ser utilizados para a geração de diferentes tipos de mapas (CARVALHO, RIEDEL, 2004). O mapa de fragilidade ambiental vem ao encontro desta perspectiva e incorpora tais pressupostos em sua análise. Desta forma, abrange vários temas a ser atribuídos valores, como, geologia, geomorfologia, solos, vegetação, declividade e clima. Estes temas recebem pesos individuais e através do método, resulta em uma média aritmética, representando a posição desta unidade dentro da escala de fragilidade ambiental (CREPANI, 1996).

2.7 MODELOS PARA OBTENÇÃO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Nas últimas décadas diversas metodologias foram criadas para possibilitar a elaboração de mapas de fragilidade ambiental, permitindo assemelhar

com as condições naturais do ambiente e ao seu grau de vulnerabilidade em dependência das condições naturais e antrópicas.

Vários modelos são encontrados na literatura para a elaboração de mapas de fragilidade ambiental, alguns modelos que podem ser citados são: Crepani et al. (1996) e dois propostos por Ross (1994). Porém, estas metodologias partem do mesmo princípio, as Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977) (CALIJURI, et al., 2007).

2.7.1 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio nos Índices de Dissecação do Relevo (Ross, 1994)

Este modelo aplica a fragilidade ambiental aos resultados básicos levantados sobre geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima. A interligação destes dados permite obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade ambiental. Esta metodologia consiste que cada variável seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua fragilidade, sendo as variáveis mais estáveis contendo valores próximos a 1, intermediárias ao redor de 3 e as variáveis instáveis com valores aproximados a 5 (SPÖRL; ROSS, 2004).

De acordo com Ross (1994),

- Índices de Dissecação do Relevo – categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5);
- Solos - classes de fragilidade muito fraca (1) a muito forte (5);
- Cobertura Vegetal - grau de proteção muito alto (1) a muito baixo/nulo (5);
- Pluviosidade - categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5).

Deste modo, é estabelecida uma relação hierárquica destas variáveis em relação a sua fragilidade, compostas pelos algarismos acima mencionados, o primeiro em relação ao relevo, o segundo ao solo e assim adiante. As combinações dos algarismos hierarquizados geram uma numeração de 1111 a 5555, quando 1111 representa todas as variáveis favoráveis, ou seja, fragilidade do ambiente muito baixa, e 5555, que apresenta todas as variáveis desfavoráveis, fragilidade ambiental muito alta (ROSS, 1994; SPÖRL; ROSS, 2004).

Conclui-se que este método, com sua metodologia hierárquica, que a primeira variável, ou seja, dissecação do relevo, é que vai determinar a área de

fragilidade de cada área analisada, enquanto as outras variáveis apenas servirão de desempate em relação a variável antecessora (ROSS, 1994; SPÖRL; ROSS, 2004).

Quadro 3- Classe de fragilidade dos tipos de solos

CLASSES DE FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLO
1 - Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
2 - Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
3 - Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
4 - Alta	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambissolos
5 - Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: Ross (1996)

2.7.2 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio nas Classes de Declividade (ROSS, 1994)

O procedimento deste modelo consiste no mesmo utilizado para a criação do modelo citado acima, porém ao invés da utilização dos índices de dissecação do relevo como suporte principal para a criação do mapa de fragilidade, usou-se as classes de declividade. Para estabelecer os valores das classes de declividade foram utilizados dados conhecidos nos estudos de capacidade de uso do solo/aptidão agrícola, associados aos valores já conhecidos pela geotecnia. Assim, as classes foram definidas em cinco categorias (ROSS, 1994; SPÖRL; ROSS, 2004).

Quadro 4- Categorias da fragilidade ambiental em relação a sua declividade

Categoria	Fragilidade	Valores da geotecnia
1	Muito Fraco	< 6%
2	Fraco	6 a 12%
3	Médio	12 a 20%
4	Forte	20 a 30%
5	Muito Forte	> 30%

Fonte: adaptado de (SPÖRL; ROSS, 2004).

Tanto as variáveis referentes a solo, cobertura vegetal/uso da terra e pluviosidade, quanto ao método de classificação numérica para a criação do mapa de fragilidade mantém a mesma metodologia aplicada no modelo anterior (SPÖRL; ROSS, 2004).

2.7.3 Modelo de Fragilidade Potencial Natural com Apoio em UTB'S – UNIDADE TERRITORIAIS BÁSICAS (CREPANI, 1996)

Este modelo consiste na elaboração de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB's), obtidos através da análise e interpretação de imagem TM-LANDSAT, ou seja, imagens do sistema de mapeamento multiespectral em alta resolução da superfície da Terra, que são obtidas pela NASA e repassadas para a antena do INPE em Cuiabá - MT. O motivo da escolha das imagens deste satélite se deve ao fato que nelas as matrizes de cores são semelhantes ao ambiente natural, deste modo, de mais fácil compreensão para o produtor do mapa. O segundo passo é associar a este mapa preliminar de unidades homogêneas, obtido através das imagens, as informações temáticas pré-existentes (CREPANI, 1996; SPÖRL; ROSS, 2004). Segundo Crepani (1996), a reinterpretação dos dados temáticos preexistentes sobre as imagens de satélite é feita a partir de critérios sistematizados de fotointerpretação de Soares e Fiori (1976) e Veneziani e Anjos (1982), que levam em consideração os elementos de textura de relevo e drenagem e as matrizes de cores.

A análise e interpretação correta destes dados fundamentais permite reconhecimento de diferentes estruturas, propriedades físicas e químicas, de materiais diversos, relacionadas à resistência das rochas à erosão, permeabilidade do conjunto solo/rocha, estimativas sobre o balanço entre intemperismo e erosão. Os elementos de textura de relevo permitem identificar as quebras de relevo, positivas e negativas, muito importantes por marcarem, quase sempre, os limites onde se dão as grandes mudanças nas características das unidades de paisagem natural pela mudança da litologia, da declividade, do tipo de solo e da cobertura vegetal (CREPANI, 1996).

Através dos princípios da ecodinâmica de Tricart (1977) no qual estabeleceu para as unidades territoriais as categorias morfodinâmicas estáveis, intergrades e fortemente instáveis procurou-se contemplar maior variedade de

categorias, de forma a se construir uma escala de vulnerabilidade para situações que ocorram naturalmente (CREPANI, 1996). Deste modo, desenvolveu-se um modelo com 5 graus, divididos em 21 classes de fragilidade ambiental, sendo os valores mais próximos a 1 na qual há predomínio dos processos de pedogênese, até situações com predomínio dos processos de morfogênese, em que os valores se aproximam a 3.

Quadro 5- Representação de vulnerabilidade ambiental

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO				(a)
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES	
U1	↑	3,0	↓	VULNERÁVEL	255	0	0		
U2		2,9			255	51	0		
U3		2,8			255	102	0		
U4		2,7			255	153	0		
U5	V	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0		
U6	U	2,5	E		255	255	0		
U7	L	2,4	S		204	255	0		
U8	N	2,3	T		153	255	0		
U9	E	2,2	A	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0		
U10	R	2,1	B		51	255	0		
U11	A	2,0	I		0	255	0		
U12	B	1,9	L		0	255	51		
U13	I	1,8	I	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102		
U14	L	1,7	D		0	255	153		
U15	I	1,6	A		0	255	204		
U16	D	1,5	D		0	255	255		
U17	A	1,4	E	ESTÁVEL	0	204	255		
U18	D	1,3			0	153	255		
U19	E	1,2			0	102	255		
U20		1,1			0	51	255		
U21		1,0			0	0	255		

Fonte: Crepani (1996).

O modelo matemático é aplicado individualmente aos temas geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima. Cada unidade territorial básica recebe um valor final resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação empírica, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de fragilidade natural (CREPANI, 1996; SPÖRL; ROSS, 2004).

$$V = \frac{(G+R+S+Vg+C)}{5}$$

5

onde:

V = Vulnerabilidade

G = Vulnerabilidade para o tema Geologia

R = Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S = Vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = Vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = Fragilidade para o tema Clima

3 METODOLOGIA

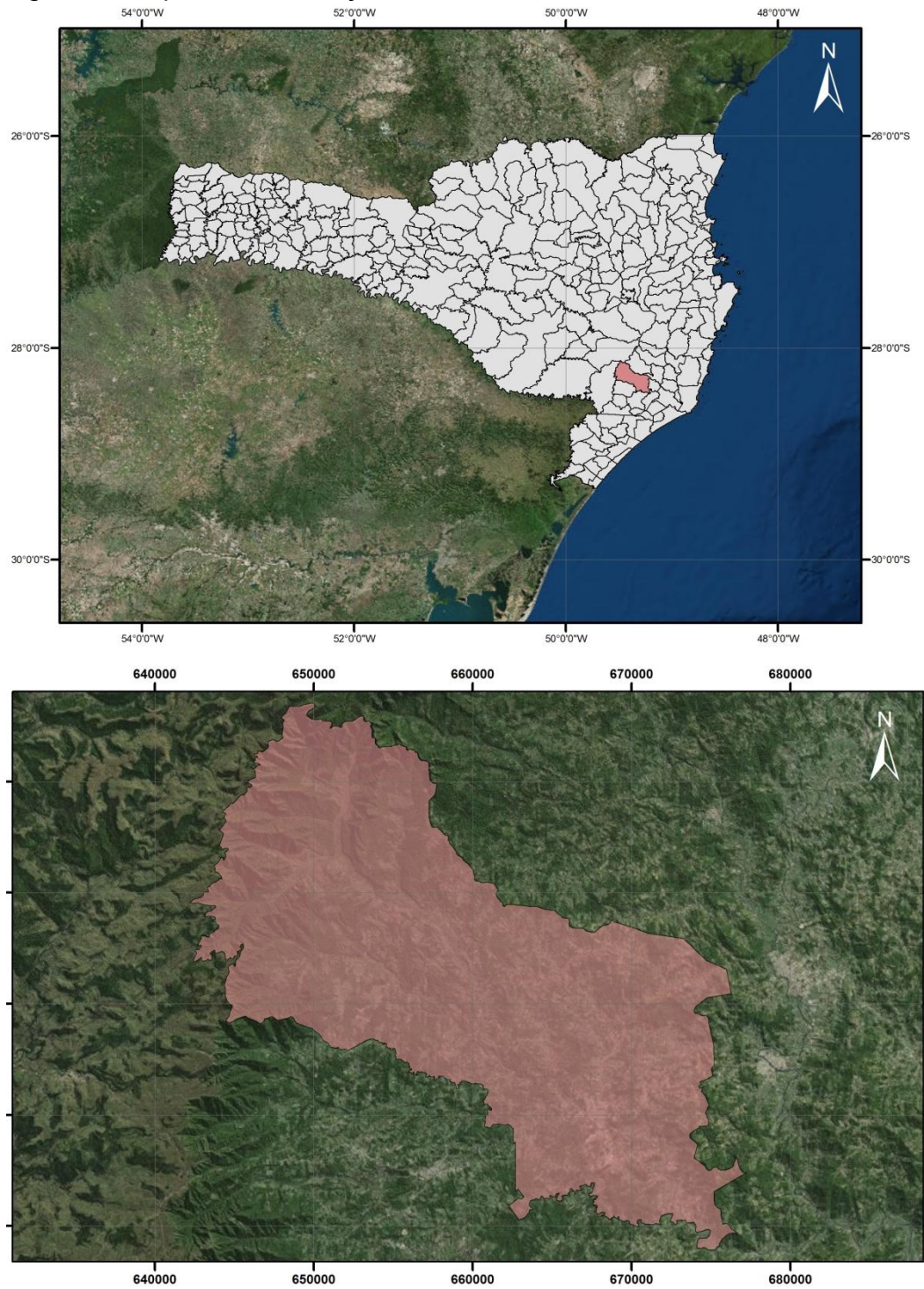
Para o desenvolvimento deste trabalho foi efetuada uma busca de bibliografias relacionadas a implementação de metodologias sobre o índice de fragilidade ambiental em diversas regiões do Brasil e do mundo. Igualmente referências a respeito dos índices de vulnerabilidade, sensibilidade, susceptibilidade e risco foram consultadas para obtenção e adaptação de critérios temáticos. Com tais metodologias, pode-se obter um entendimento maior sobre o tema em questão, além da inserção de novas variáveis ambientais que embasaram o estudo a ser elaborado no município de Orleans – SC.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Orleans está localizado ao Sul do Estado de Santa Catarina, a uma latitude 28°21'32" sul e a uma longitude 49°17'29" oeste, estando a uma altitude de 132 metros. Pertence a Associação dos Municípios de Santa Catarina (AMREC), localizada cerca de 40 km do município de Criciúma, cidade polo da região. Apresenta como limites de municípios com Urubici, Bom Jardim da Serra, Lauro Müller, Urussanga, Pedras Grandes, São Ludgero, Braço do Norte e Grão Pará.

Conforme censo de 2014 do IBGE, Orleans tem 22.311 habitantes distribuídos em 548,792 km², tendo sua economia bastante diversificada, entre agricultura, pecuária e indústrias do setor secundário e terciário.

Figura 5- Mapa de Localização de Orleans, SC



Fonte: Do autor, 2015

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE METODOLOGIAS E CRITÉRIOS PARA OBTENÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Objetivando a seleção das melhores metodologias e critérios para aquisição da fragilidade ambiental, algumas peculiaridades concernentes a área de estudo foram evidenciadas e contrastadas. Desta forma, adaptou-se uma metodologia em função de Crepani et al. (1996) e Ross (1994) que se basearam na linha metodológica das UTB's (Unidades Territoriais Básicas). Estas desenvolvidas a partir do conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977) e da potencialidade para estudos integrados das imagens de satélite que permitem uma visão sinótica e temporal da paisagem.

Após identificado os critérios utilizados pelas metodologias, e em virtude de Crepani et al. (1996) ter como objetivo subsidiar o zoneamento ecológico-Econômico da Amazônia e Ross (1994) analisar de modo geral os ambientes naturais antropizados, foi efetuada uma comparação objetivando o estabelecimento dos melhores critérios contemplados na área de estudo. Isto se aplica devido as diferenças altimétricas, pedológicas, geológicas, vegetacionais, hidrográficas e climáticas que poderiam interferir na análise da fragilidade.

Tabela 1- Relação dos critérios com as metodologias propostas e suas adaptações

Critérios	Crepani et al.(1996)	Ross (1994)	Adaptações
Declividade	X	x	
Pedologia	X	x	
Geologia	X		
Pluviometria	X		Precipitação média anual
Vegetação	X	x	Distância euclidiana dos remanescentes de vegetação
Hidrografia			Distância euclidiana dos cursos hídricos

Fonte: Do autor, 2015

3.3 OBTENÇÃO DAS BASES DE DADOS

Os dados utilizados para presente pesquisa são de domínio público e disponíveis gratuitamente nos sites do IBGE, EPAGRI, CPRM, EMBRAPA E

SOSMA. Todas as abordagens envolveram total ou parcialmente dados geoespaciais, tabelas de informação, e ferramentas de SR e SIG para integração e manipulação de um banco de dados. Tal abordagem incidiu em edição dos atributos vetoriais e imagens, infundindo, agregando e potencializando a informação em geoinformação.

Além disso, os critérios foram identificados quanto a sua fonte, se é definida como vetor ou raster, no caso de raster qual o tamanho de célula, além de sua escala, *Datum*, ano e seu sistema de coordenada.

Tabela 2- Base de dados cartográficos

Critérios	Base/Fonte	Vetor	Raster	Tamanho de Célula (m)	Escala	Datum	Ano	Sistema de Coordenadas
Limite Orleans	IBGE				1:50.000	SIRGAS 2000	2012/2013	GEOGRÁFICA
SOS Mata	Fund. Mata Atlântica				1:50.000	SAD 69	2011/2012	PLANA_Albers_Equal_Area_Conic
Cartas IBGE	EPAGRI/CIRAM				1:50.000	SAD 69	2004	PLANA_UTM_Zone_22S
Solos	EMBRAPA				1:250.000	WGS 84	2004	PLANA_UTM_Zone_22S
Geologia	GEOBANK			X=30; Y=30	1:1.000.000	WGS 84	2010	GEOGRÁFICA
Declividade	EPAGRI/CIRAM			X=30; Y=30	1:50.000	SAD 69	2005	PLANA_UTM_Zone_22S
Pluviometria	EPAGRI/CIRAM				1:50.000	SAD 69	1997/2001	PLANA_UTM_Zone_22S
Altimetria	EPAGRI/CIRAM				1:50.000	SAD 69	2005	PLANA_UTM_Zone_22S

Fonte: Do autor, 2015

Desta forma os dados foram sistematizados e espacializados a partir de técnicas de geoprocessamento utilizando o programa ArcGIS9.3[®], constituindo um sistema de informação geográficas – SIG. A manipulação e extração de dados e os produtos cartográficos foram gerados em coordenadas planas, projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, zona 22S e meridiano central -51°; e referencial planimétrico Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS2000.

3.4 OBTENÇÃO DO MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Para a definição do mapa de fragilidade ambiental é necessário que cada critério escolhido esteja em um plano de informação (camada ou layer) e uma estrutura de dados (vetor ou raster). Os critérios escolhidos se deram pela aplicabilidade dos mesmos na área em estudo.

Utilizou-se um método baseado na elaboração de uma matriz comparativa entre os critérios definidos de acordo com a importância relativa entre os pares de

critérios. Este método é conhecido como comparação pareada proposto por Saaty (1977) no contexto do AHP. Este método foi utilizado em diversos trabalhos internacionais, como nos estudos de casos de *The usefulness of the analytic hierarchy process for understanding reef diving choices* de Ramos et al. (2006) e *Analytic Hierarchy Process assessment for potential multi-airport systems* de Zietsman e Vanderschuren (2014).

Havendo a necessidade de atribuir pesos diferentes a cada critério devido a relevância que cada um proporciona a fragilidade ambiental de um ambiente, utilizou-se o método de AHP. Desta forma foram atribuídas diferentes ponderações para as camadas culminando em uma equação ponderada. Foram consultados o engenheiro de minas Oldair José Silveira Lamarque do DNPM; engenheiro ambiental Tiago Luiz Costa da Silva do MPF; geólogo Sidnei Luís da Cruz Zomer do MPF além do orientador deste trabalho Gustavo José Deibler Zambrano.

Para a obtenção destes valores foi enviado para cada técnico uma tabela dos critérios (Tabela 3) para que, conforme os seus conhecimentos, fossem analisadas e ponderadas os valores de influência de cada um em relação aos outros de acordo com a figura 6.

Após o recebimento das tabelas preenchidas, iniciou-se um processo de normalização para averiguação do nível de consistência, na qual uma foi descartada por ultrapassar o valor máximo exigido pela metodologia adotada.

Assim, foi obtida a média das três ponderações (Tabela 4), sendo que o resultado foi utilizado para a atribuição dos valores para cada critério.

Figura 6- Escala contínua para elaboração da matriz de comparação pareada

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extrema- mente	Muito	Forte- mente	Modera- damente	Igual- mente	Modera- damente	Forte- mente	Muito	Extrema- mente
← Menos importante					Mais importantes →			

Fonte: Eastman, 2001

Tabela 3- Matriz de comparação pareada entre os critérios

FATORES	Dist de Hidrografia	Pedologia	Geologia	Pluviometria	Dist de Vegetação	Declividade
Dist de Hidrografia						
Pedologia						
Geologia						
Pluviometria						
Dist de Vegetação						
Declividade						
Soma						

Fonte: Do autor, 2015

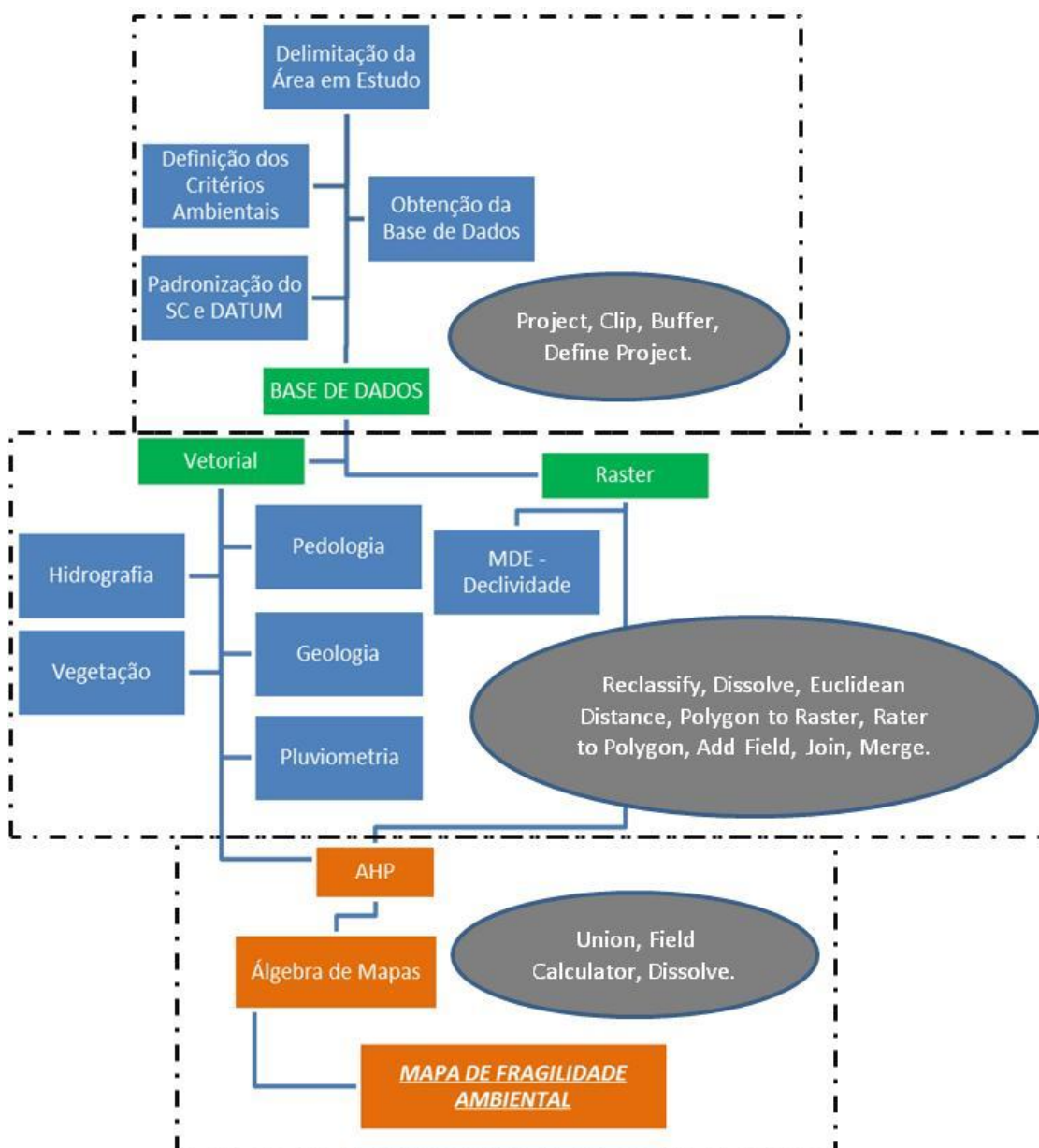
Tabela 4- Média das ponderações para os critérios

FATORES	Ponderação X	Ponderação Y	Ponderação Z	Média das Ponderações
Dist. de Hidrografia	0,10	0,09	0,22	0,13
Pedologia	0,25	0,20	0,12	0,19
Geologia	0,17	0,16	0,12	0,15
Pluviometria	0,05	0,05	0,04	0,05
Dist. de Vegetação	0,03	0,09	0,05	0,06
Declividade	0,40	0,40	0,45	0,42
Total				1,00

Fonte: Do autor, 2015

Deste modo, foi obtida a fórmula: $F = (F_{\text{DistHid}} * 0,13 + F_{\text{Ped}} * 0,19 + F_{\text{Geo}} * 0,15 + F_{\text{Pluv}} * 0,05 + F_{\text{DistVeg}} * 0,06 + F_{\text{Decl}} * 0,42) / 6$ sendo aplicada no programa computacional ArcMap 9.3[®], aplicando o método de álgebra de mapas.

3.4.1 Fluxograma da elaboração do mapa de fragilidade ambiental



Fonte: Do autor, 2015

3.5 CORRELAÇÃO DO MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL COM A BASE DE DADOS EMPRESARIAL

Para correlacionar os dados dos empreendimentos que obtém o serviço de consultoria com o mapa de fragilidade ambiental, iniciou-se uma busca de informações referentes aos empreendimentos que têm seu domínio no município de Orleans, ou seja, área contemplada pelo mapa em questão. Informações como: ramo empresarial e coordenadas de localização foram utilizadas para introduzir a

posição geográfica dos empreendimentos no mapa, deste modo, podendo observar em qual classe de fragilidade os mesmos estão instalados.

Tabela 5- Empreendimentos e suas coordenadas

TIPOLOGIA	COORDENADAS (SIRGAS 2000)	
	X	Y
Indústria	668748	6859309
Indústria	667201	6861765
Indústria	670885	6861300
Indústria	666580	6861902
Indústria	668296	6859376
Indústria	667542	6862073
Indústria	668556	6859321
Indústria	673920	6866249
Indústria	671204	6864248
Indústria	666146	6857380
Indústria	673916	6866185
Indústria	666302	6857799
Indústria	668092	6859235
Indústria	666325	6862734
Indústria	668400	6860671
Indústria	672861	6862798
Escritório	667997	6861214
Indústria	667369	6860359
Oficina Mecânica	668192	6861308
Oficina Mecânica	668091	6861287
Oficina Mecânica	666901	6861232
Oficina Mecânica	667981	6861406
Oficina Funilaria	667369	6859674
Posto de Combustível	667415	6862868
Posto de Combustível	668006	6860936
Posto de Combustível	673645	6828007
Posto de Combustível	668548	6859382
Posto de Combustível	667554	6861979
Posto de Combustível	667196	6861700
Indústria	669776	6862383
Indústria	668098	6896834

Fonte: Do autor, 2015

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Serão apresentados e analisados inicialmente os critérios individuais utilizados para elaboração do mapa de fragilidade ambiental de Orleans, já que, para compreender os valores obtidos no mapa final necessita-se da compreensão dos valores atribuídos e resultantes de cada um dos critérios utilizados na metodologia proposta.

Após análise individual, será apresentado o mapa de fragilidade ambiental do município de Orleans, e analisado juntamente com os dados obtidos dos empreendimentos que usufruem dos serviços prestados de consultoria ambiental.

4.1 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS DECLIVIDADE

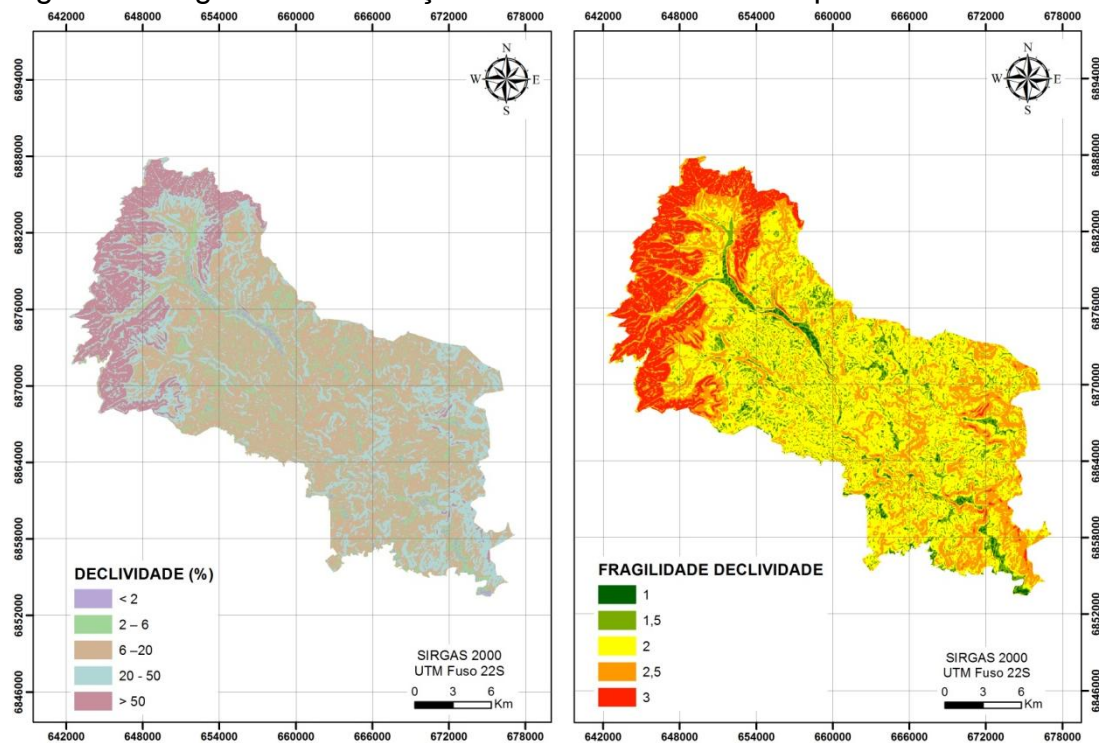
O mapa de fragilidade em referência da declividade foi definido através da percentagem de inclinação do terreno. Conforme CREPANI (1996) a declividade tem ligação direta com a transformação de energia potencial em energia cinética, ou seja, quanto maior a declividade mais rápida será a transformação de energia potencial das águas pluviais em energia cinética, além da velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, que em conjunto são responsáveis pela erosão do relevo, prevalecendo a morfogênese.

Tabela 6- Classes de declividade com os respectivos valores da escala de fragilidade

Classes morfométricas	Declividade (%)	Fragilidade
Muito baixa	< 2	1
Baixa	2 – 6	1,5
Média	6 - 20	2
Alta	20 - 50	2,5
Muito Alta	> 50	3

Fonte: Adaptado de CREPANI, 1996

Figura 7- Fragilidade em relação a declividade no município de Orleans



Fonte: Do autor, 2015

Com a elaboração do mapa de fragilidade em referência a declividade pode-se observar que o limite oeste do município, composta pela encosta da serra geral possui fragilidade muito alta, devido a seus cânions e escarpas que dispõe de declividades elevadas. Percebe-se também as poucas áreas com declividades baixas, fator que comprova o título do município como “cidade das colinas”, em alusão ao seu relevo acentuado. Diante a isso, conclui-se que a maior parcela do município em relação a sua declividade é ambientalmente considerado mediantemente à moderadamente frágil, diante a isto, entende-se que, mediante a declividade da área a ser utilizada na instalação de um empreendimento, métodos de engenharia deverão ser tomados para evitar a prevalência dos processos morfogênicos e consequentemente, evitar danos as instalações do empreendimento e ao meio ambiente.

4.2 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS GEOLOGIA

O mapa de fragilidade em relação a geologia foi definido através da litologia das rochas existentes na região. Segundo CREPANI (1996), a contribuição da geologia para a elaboração de um mapa de fragilidade ambiental compreende as

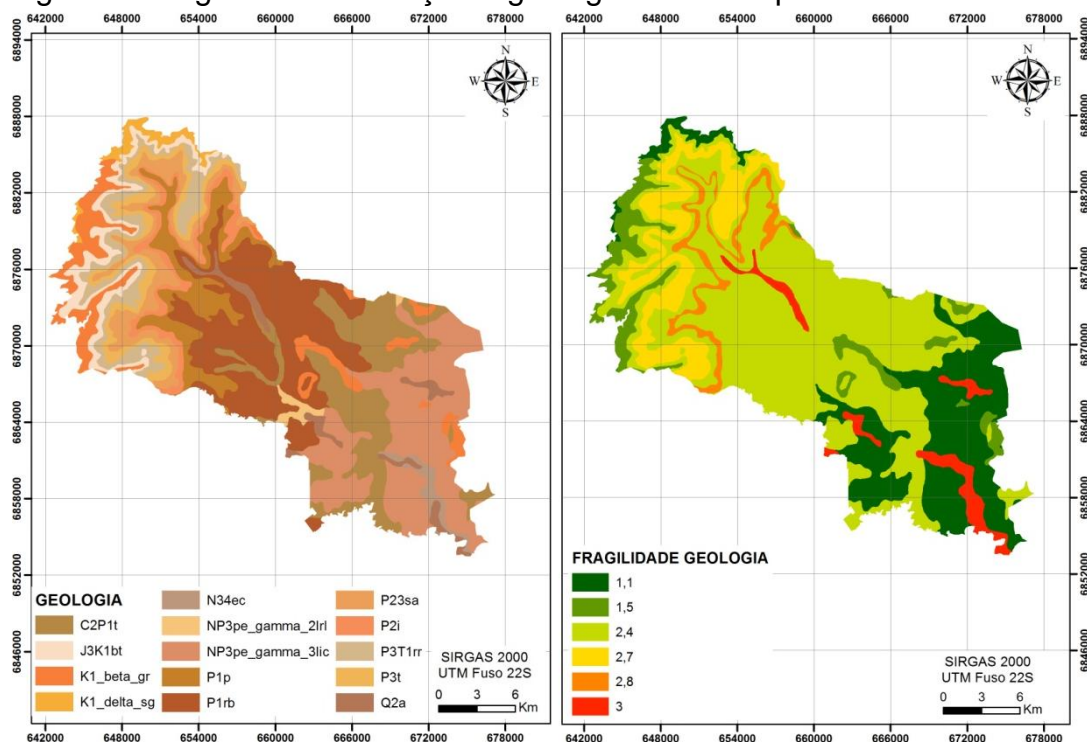
informações relativas à história da evolução geológica do ambiente e as informações relativas ao grau de coesão das rochas, como toda rocha é constituída por minerais, sua resistência ao intemperismo dependerá da resistência destes minerais as condições externas. Deste modo, entende-se que a coesão das rochas é a informação básica da geologia a partir da ecodinâmica, uma vez que em rochas pouco coesas prevalecem os processos morfogênicos, enquanto que nas rochas bastante coesas prevalecem os processos pedogênicos. Sobre sua resistência, o acesso da água na rocha e a remoção do produto intemperizado na mesma são aspectos importantes a serem considerados, pois quanto mais a água fica em contato com o mineral, mais ele será intemperizado, portanto quanto mais porosa a rocha, ou mais fraturada, mais a água adentrará a rocha.

Tabela 7- Litologia com os respectivos valores da escala de fragilidade

Sigla_UNID	Litotipo	Classe_ROC	Fragilidade
C2P1t	Arenito, Folhelho, Ritmito	Sedimentar	2,4
J3K1bt	Arenito fino, Quartzo arenito	Sedimentar	2,4
K1_beta_gr	Basalto, Latito	Ígnea	1,5
K1_delta_sg	Dacito	Ígnea	1,1
N34ec	Areia, Sedimento elvio – coluvionar	Material superficial	3
NP3pe_gamma_2Irl	Sienogranito	Ígnea	1,1
NP3pe_gamma_3Aj	Sienogranito	Ígnea	1,1
NP3pe_gamma_3lic	Sienogranito	Ígnea	1,1
P1p	Arenito, Siltito arenoso, Siltito	Sedimentar	2,4
P1rb	Arenito, Folhelho, Siltito	Sedimentar	2,4
P23sa	Argilito, Folhelho, Siltito	Sedimentar	2,4
P2i	Folhelho	Sedimentar	2,8
P3t	Siltito argiloso	Sedimentar	2,7
P3T1rr	Argilito, Argilito siltico, Siltito	Sedimentar	2,7
Q2a	Areia	Material superficial	3

Fonte: Adaptado de Crepani, 1996

Figura 8- Fragilidade em relação a geologia no município de Orleans



Fonte: Do autor, 2015

Com a elaboração do mapa de fragilidade através da geologia, pode-se observar que o centro e oeste do município é composto por rochas sedimentares. Conforme Crepani(1996), as rochas sedimentares representam o resultado da interação entre a atmosfera e a hidrosfera sobre a crosta da Terra. Sua origem foi dada através dos intemperismos de rochas preexistentes, sendo depositadas em áreas de acumulação, pela maioria das vezes pela ação das águas. Conforme a metodologia elaborada, estas rochas são ambientalmente moderadamente frágeis e frágeis, prevalecendo assim a morfogênese do ambiente. Vale ressaltar, que mesmo sendo rochas sedimentares, de acordo com o mapa elaborado, as rochas da encostas da serra geral são consideradas mais frágeis que as do centro do município.

A leste, há o predomínio das rochas ígneas, conforme Crepani (1996), as rochas ígneas são provenientes de material rochoso móvel que ocorre na natureza, consistindo predominantemente em uma fase líquida cuja composição é uma fusão de silicatos. Neste fato, em relação a resistência ao intemperismo, as rochas ígneas são as mais resistentes. De acordo com o mapa elaborado, as rochas ígneas do município de Orleans correspondem aos valores de 1,1 e 1,5, sendo consideradas estáveis e moderadamente estáveis ambientalmente. Deste modo, conclui-se que

são as áreas mais recomendadas a instalação de empreendimentos em relação a geologia.

Por fim, apresenta-se pontos isolados de material superficial, que se referem a areia e agregados que estão presentes principalmente nos rios. É representado pelo valor 3, sendo considerado frágil já que constituem apenas um material de cobertura.

4.3 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS HIDROGRAFIA

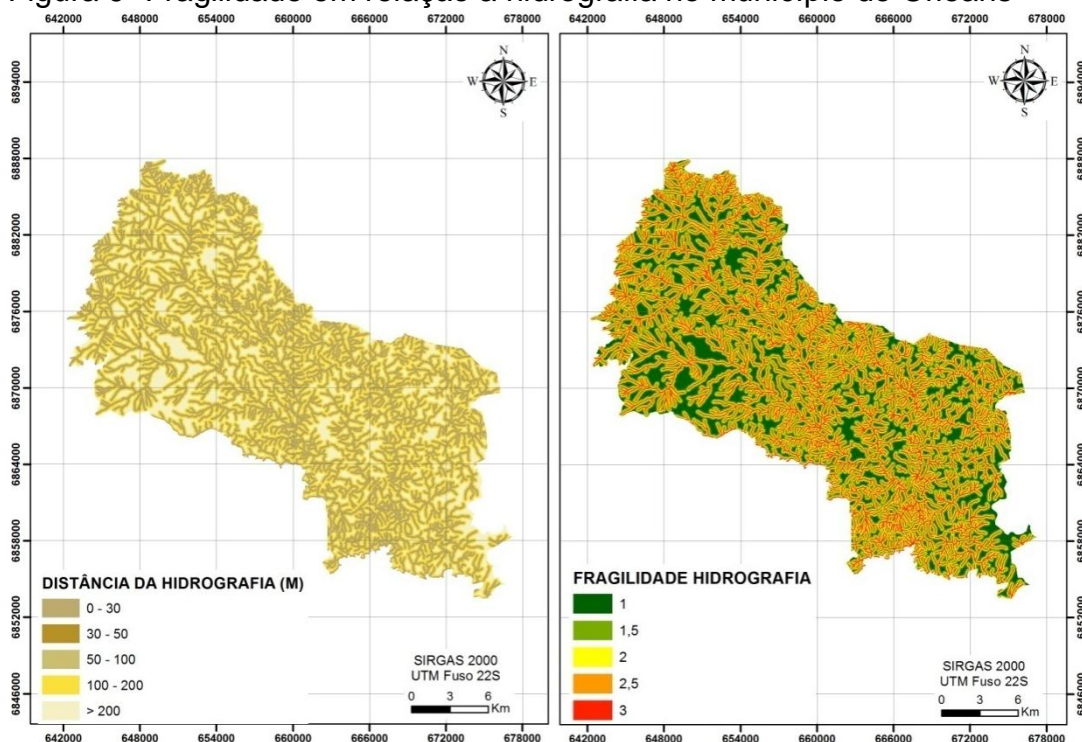
O mapa de fragilidade em relação a hidrografia foi elaborado pela distância dos corpos hídricos do município. Partiu do pressuposto de que, quanto mais perto de um rio, mais complexo é a ecodinâmica, sendo assim, um ambiente mais frágil a intempéries e a ação antrópica. Para a definição das distâncias empregadas, utilizou-se as distâncias aplicadas na lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012), na qual em seu artigo 4º, aborda a distância de área de preservação permanente para cursos d'água.

Tabela 8- Fragilidade em relação a hidrologia conforme distância de cursos d'água

Dist. hidrografia (m)	Fragilidade
0-30	3
30-50	2,5
50-100	2
100-200	1,5
200->200	1

Fonte: Do autor, 2015

Figura 9- Fragilidade em relação a hidrografia no município de Orleans



Fonte: Do autor, 2015

Deste modo, conclui-se que, para a hidrologia, quanto maior a distância do curso hídrico, menos frágil é o ambiente. Como apresentado no mapa elaborado, o município contempla diversos rios pela extensão da sua área, porém, há inúmeras áreas na qual não contemplam a distância de APP que, perante a largura da grande maioria dos rios da região, considera-se uma área de 30 metros de largura mínima.

4.4 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS PLUVIOMETRIA

Conforme Crepani (1996), o clima controla o intemperismo diretamente através da precipitação pluviométrica de uma região. Isto deve-se a ação da chuva agindo sobre as rochas e mais tarde sobre o solo, removendo-o pela erosão hídrica. Outro fator que pode ser considerado é o impacto das gotas e o escoamento superficial do excesso de água da chuva. A erosão, produto final da interação da chuva com o ambiente, é chamado de erosividade e é função das características físicas da chuva.

As principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos são: a pluviosidade total, a intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Os valores da intensidade pluviométrica podem ser considerados valores da energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética responsável

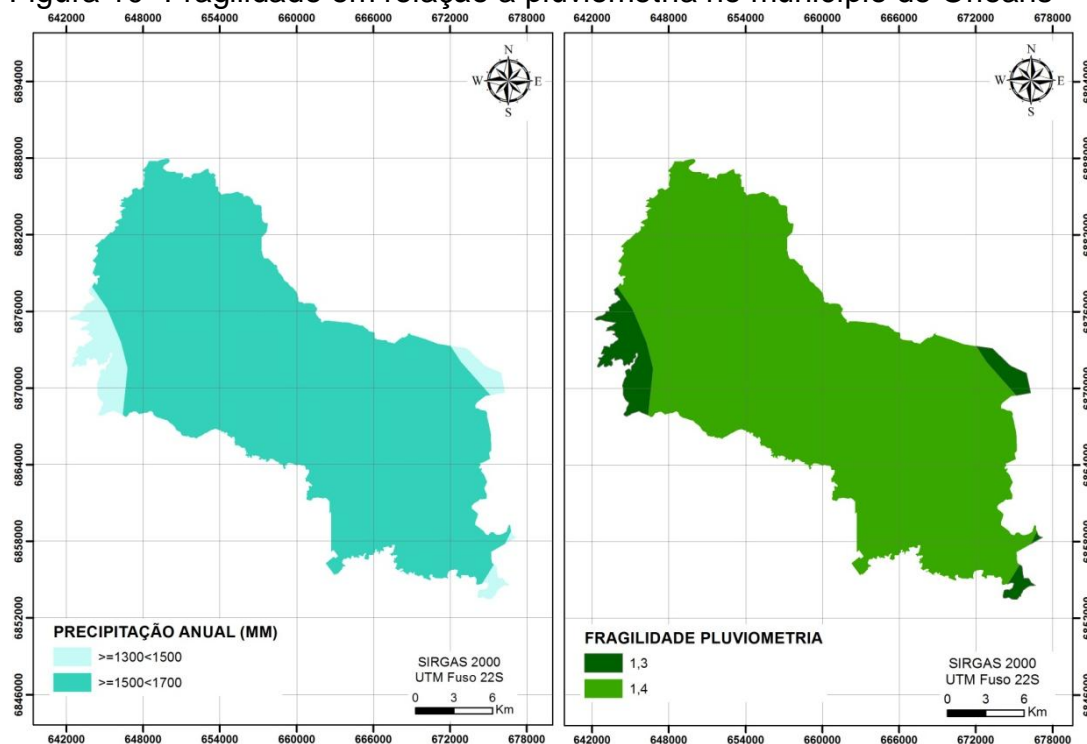
pela erosividade, deste modo, quanto maior a intensidade pluviométrica, maior a erosividade e maior a influência do clima nos processos morfogênicos. O valor da intensidade pluviométrica para uma determinada área pode ser obtido dividindo o valor da pluviosidade média anual pela duração do período chuvoso (CREPANI, 1996).

Tabela 9- Fragilidade em relação a pluviometria de Orleans

mm. (ano)	Fragilidade
$\geq 1300 < 1500$	1,3
$\geq 1500 < 1700$	1,4

Fonte: Do autor, 2015

Figura 10- Fragilidade em relação a pluviometria no município de Orleans



Fonte: Do autor, 2015

Deste modo, dividiu-se o valor de precipitação anual do município de Orleans, por 12 meses e concluiu-se que, ambientalmente, a pluviometria da região é considerada estável, tendo uma pequena diferença nos extremos limites oeste, nordeste e sudeste e não há grandes problemas em relação a pluviometria a instalação de empreendimentos.

4.5 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS PEDOLOGIA

Segundo Crepani (1996), a causa fundamental da erosão hídrica, seja ela laminar, em sulcos ou ravinas é a ação da chuva sobre o solo. A capacidade de um determinado solo a resistir estes tipos de erosão é chamado de erodibilidade. Ainda conforme o autor, a erodibilidade é função das condições internas do solo, como sua composição mineralógica e granulométrica, características físicas e químicas e de suas condições externas.

A maior e menor fragilidade de um solo sofrer com processos erosivos da morfogênese depende de diversos fatores: estrutura do solo, tipo e quantidade de argila, permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis. Diante disto, o solo participa diretamente no balanço entre morfogênese e pedogênese, indicando claramente quais dos dois processos estão predominando, no caso da morfogênese, prevalece os processos erosivos, já na pedogênese, a geração de solos bem desenvolvidos.

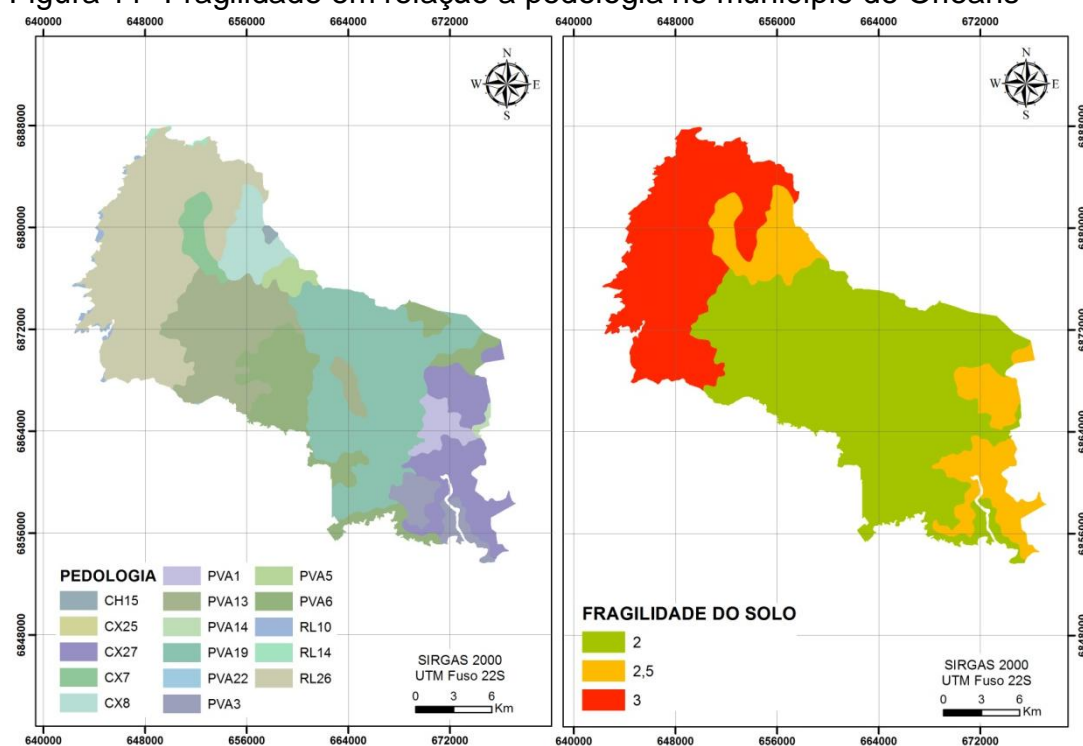
Os solos do tipo latossolos são considerados os mais estáveis, por serem bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade, considerados os solos cujos materiais são os mais decompostos. São considerados solos velhos e maduros. Os argissolos são considerados solos intermediários, pois apresentam profundidade menor ao tipo latossolos além de serem menos estáveis e menos intemperizados. Por fim, são considerados solos frágeis os que são jovens e pouco desenvolvidos, que indicam uma pequena evolução dos perfis do solo. Estes solos estão assentados diretamente sobre o horizonte C ou diretamente a rocha mãe, caracterizando uma fase inicial de formação, porque estão ainda se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados, ou por estarem situados em lugares com alta declividade, nos quais a velocidade da erosão é maior que a velocidade de formação do solo. Existem diversos tipos de solos considerados frágeis, como os neossolos (CREPANI, 1996).

Tabela 10- Fragilidade em relação ao solo

Simb. SBCS1	COMP_1	Fragilidade
CH15	Cambissolo	2,5
CX25	Cambissolo	2,5
CX27	Cambissolo	2,5
CX7	Cambissolo	2,5
CX8	Cambissolo	2,5
PVA1	Argissolos	2
PVA13	Argissolos	2
PVA14	Argissolos	2
PVA19	Argissolos	2
PVA22	Argissolos	2
PVA3	Argissolos	2
PVA5	Argissolos	2
PVA6	Argissolos	2
RL10	Neossolos	3
RL14	Neossolos	3
RL26	Neossolos	3

Fonte: Do autor, 2015

Figura 11- Fragilidade em relação a pedologia no município de Orleans



Fonte: Do autor, 2015

De acordo com o mapa elaborado pela fragilidade do solo, na região central de Orleans há predominância dos solos argissolos, no qual como já citados

anteriormente se enquadram como solos intermediários. Mediante a este critério, a parte central é a mais suscetível a receber novos empreendimentos.

Uma pequena parcela a noroeste e a leste são compostas por cambissolos. São solos considerados frágeis, porém tendem a ser mais profundos que os outros solos da categoria, deste modo, definiu-se com o valor de 2,5.

O limite oeste, representado pela encosta de serra geral é formado por neossolos, indicado provavelmente pela declividade da região, já que a velocidade de erosão é maior que a velocidade de formação do solo, assim, havendo a predominância da morfogênese. Destaca-se também que não há solos estáveis distribuídos pela área do município, demonstrando que, os solos da região não são compostos e maduros.

4.6 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS VEGETAÇÃO

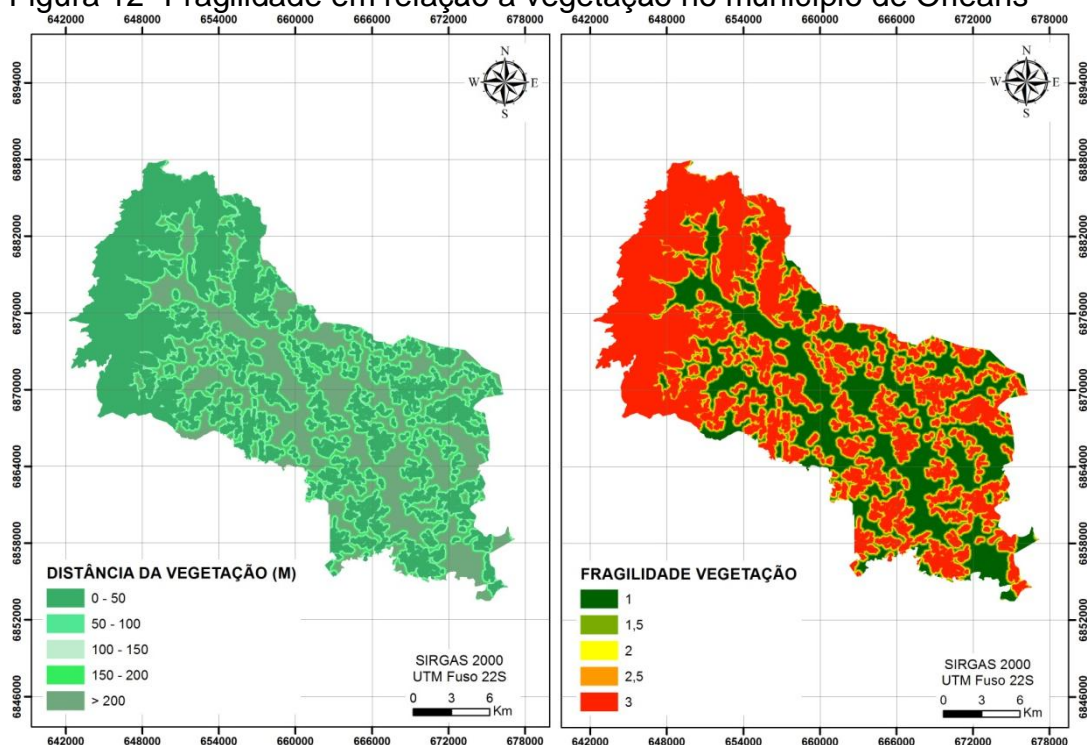
Como no mapa de fragilidade em relação a hidrografia, utilizou-se da distância para medir a fragilidade do ambiente em relação a vegetação. Diante do mesmo pensamento que, quanto mais perto da vegetação, maior o equilíbrio do ecossistema, definiu-se as distâncias dos aglomerados de vegetação.

Tabela 11- Fragilidade em relação a hidrologia conforme distância da vegetação

Dist. vegetação (m)	Fragilidade
0 - 50	3
50 - 100	2,5
100 - 150	2
150 - 200	1,5
> 200	1

Fonte: Do autor, 2015

Figura 12- Fragilidade em relação a vegetação no município de Orleans



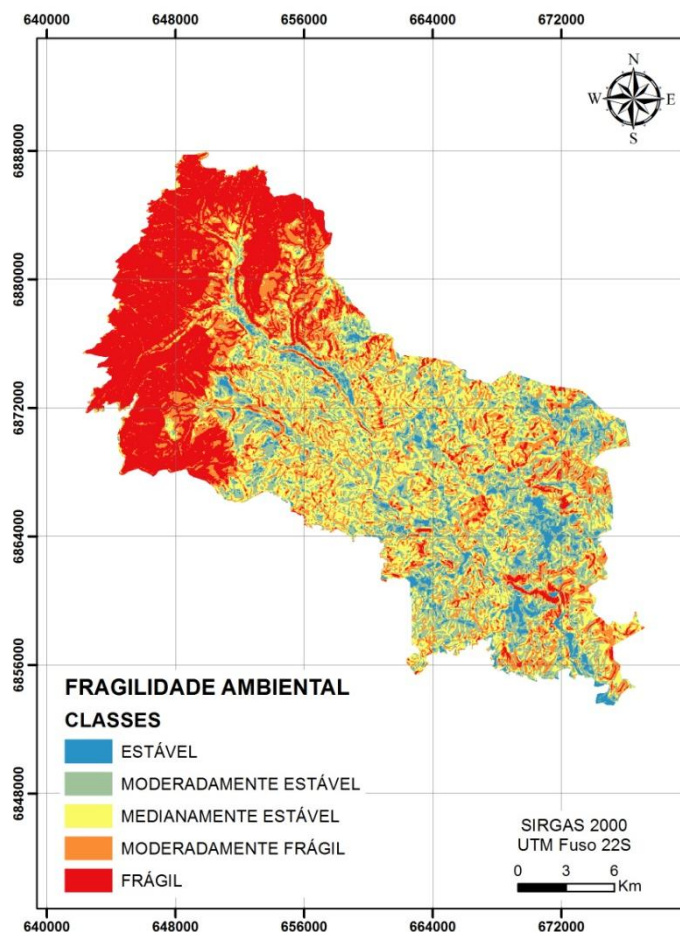
Fonte: Do autor, 2015

Com a elaboração do mapa de fragilidade em relação a vegetação, concluiu-se que a encosta da serra geral é a região que mais comporta vegetação no município. Alguns aglomerados de vegetação são distribuídos por toda área do município, apresentados em vermelho no mapa.

Em relação ao corte de vegetação, deve-se levar em conta a lei nº 12.651/12, que em seu capítulo VII, dispõe da exploração de florestas nativas e sucessoras.

4.7 MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

Figura 13- Fragilidade Ambiental



Fonte: Do autor, 2015

Com a sobreposição dos mapas de cada critério selecionado, foi obtido o mapa de fragilidade do município de Orleans. Nota-se que todo limite oeste foi considerado frágil (vermelho) no mapa elaborado, isto se deve principalmente as fragilidades emergentes, ou seja, declividade, pedologia e geologia. É a classe que mais abrange área no município.

Com praticamente o mesmo valor em hectare das áreas frágeis, a classe medianamente estável (amarelo) contempla os sopés das escarpas do município e mesclam o restante do município com as outras classes.

As classes moderadamente frágil (alaranjado) e moderadamente estável (verde) também praticamente equivalem quando levado em consideração a porção de área, como na classe anterior, se intercala com as outras classes.

Por fim, a classe estável (azul) considerada a classe apropriada para instalação de empresas abrange um pouco mais de 3.500 hectares do município, se intercalando com as demais classes, mas com predomínio a oeste, fato justificado pela menor declividade do terreno e pela presença de rochas ígneas no local.

Tabela 12- Área das classes de fragilidade

Classe	Área (ha)
Frágil	15437,59
Medianamente Estável	15114,29
Moderadamente Frágil	10489,73
Moderadamente Estável	10327,85
Estável	3500,39
Total	54869,85

Fonte: Do autor, 2015

4.8 FRAGILIDADE AMBIENTAL VERSUS EMPREENDIMENTOS

Diante da elaboração do mapa de fragilidade ambiental, surgiu a curiosidade para analisar a localização de empresas no limite do município e assim, verificar em qual classe de fragilidade eles estão implantados.

Identificou-se 31 empreendimentos que recebem prestação de serviços ambientais pela empresa de consultoria.

Tabela 13- Empreendimentos

Empreendimento	Quantidade
Indústria	20
Escritório	1
Oficina Mecânica	4
Posto de Combustível	5
Oficina Funilaria	1

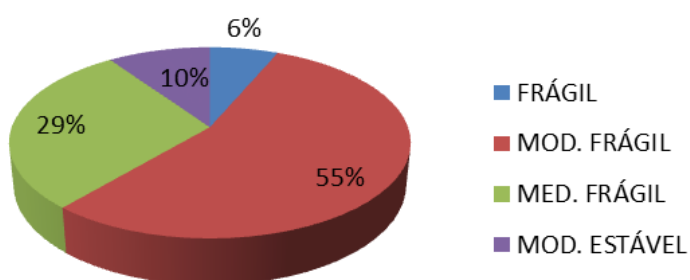
Fonte: Do autor

Deste modo, inseriu-se as coordenadas dos empreendimentos no mapa de fragilidade ambiental e conclui-se que a grande parte deles estão implantados em

área moderadamente frágil, seguindo de medianamente estável, moderadamente estável e frágil.

A explicação para este fato é que o centro do município, onde a maioria dos empreendimentos estão instalados tem o predomínio da classe moderadamente frágil. Entende-se que os empreendimentos, em especial as quatro indústrias de grande porte, poderiam buscar áreas mais estáveis no município, já que, não dependem de localização centralizada para compra e venda de mercadorias.

Figura 14- Empreendimentos e suas classes de fragilidade



Fonte: Do autor, 2015

5 CONSIDERAÇÃO FINAIS

Através da elaboração deste trabalho e consequentemente a criação do mapa de fragilidade ambiental do município de Orleans, foi possível obter um maior entendimento sobre temas referentes a cartografia, georreferenciamento, planejamento e fragilidade ambiental.

Em referência a cartografia, entende-se que a mesma está em constante evolução com a humanidade. Com o passar dos anos, o aperfeiçoamento de metodologias para criação de mapas, cartas ou plantas trouxeram e trazem uma maior exatidão do mundo real para sua representação gráfica, facilitando estudos, trabalhos e projetos, que antigamente pareciam impossíveis e hoje auxiliam na melhoria da qualidade de vida, empresarial e ambiental. O SIG e suas ferramentas vêm ao encontro dessa evolução, nas últimas décadas, talvez o objetivo alcançado neste trabalho sofresse com diversas inconsistências devido à falta de tecnologias apropriadas.

Porém, não é apenas com partes práticas que trabalhos são executados. Conhecer e entender a Ecodinâmica de Tricart serviu de base teórica não só para este trabalho, mas para a grande maioria de metodologias nacionais encontradas. Compreender os meios estáveis, intergrades e instáveis foi o suporte para definições do trabalho.

O planejamento ambiental vem de acordo com todos os temas citados. Com a grande densidade populacional nas cidades, o desprezo com o meio ambiente e o crescimento desgovernado, é substancial que os municípios planejem seu crescimento, pois nem sempre a explosão econômica é benéfica, sendo que outros fatores também devem ser observados. Para isso, leis orgânicas e planos diretores municipais devem ser criados, para que haja crescimento mais organizado, respeitando meio ambiente e população, e a análise de classes de fragilidade pode ser incluída nestes dispositivos.

Com a obtenção dos dados ambientais para o município de Orleans, foi possível tirar algumas conclusões de cada critério, por exemplo, o município contempla grandes parcelas de áreas com alta declividade, grande parte dos seus solos são jovens, a geologia é bastante diversificada, há média de precipitação é bem distribuída, além do município abranger muitos rios e vegetações ainda nativas. Estes dados sobrepostos, além da utilização de técnicas como o AHP e SIG,

trouxeram um produto satisfatório, demonstrando uma alternativa para gestão ambiental do município.

De acordo com o mapa de fragilidade ambiental de Orleans, concluiu-se que o limite oeste é a parcela de área mais frágil. É nesta parte que se localiza a encosta da serra, com alta declividade, pequena camada de solo e rochas expostas, indicando o predomínio da morfogênese. O restante da área do município apresenta classes diversificadas, porém pode-se afirmar que a maior parte de áreas estáveis e moderadamente estáveis se apresentam no limite leste, mais próxima ao litoral e consequentemente mais plano.

Pode-se citar também a localização dos empreendimentos que usufruem do serviço de consultoria ambiental, os 31 empreendimentos se localizam nas margens ou no centro da cidade, fato que comprova a cultura dos imigrantes europeus que quando chegaram ao sul de Santa Catarina, se instalando nas áreas mais baixas e nas margens dos rios.

Sabe-se que este trabalho não substitui a pesquisa detalhada da área, a qual será realizada quando implantado ou vistoriado um empreendimento, porém serve de aporte para um conhecimento inicial do município e de suas características físicas.

Como sugestão para complemento deste trabalho, seria a implantação de novos critérios no mapa de fragilidade, como nascentes, Unidades de Conservação, uso do solo, aspecto social, entre outros, que devido ao tempo e dados indisponíveis não foi possível abranger em conjunto aos outros critérios.

Por fim, entende-se que estudos e trabalhos referentes à planejamento ambiental são de suma importância para o desenvolvimento da população. O uso dos recursos naturais são imprescindíveis para o ser humano, porém devem ser utilizados de forma correta, obedecendo áreas de conservação, áreas frágeis, porque o uso indevido destes recursos podem nos trazer prejuízos sociais, econômicos e ambientais muita vezes incalculáveis.

REFERÊNCIAS

ALBANO, Mayara Pissutti. **Pró – Reitoria da importância do planejamento urbano ambiental – a habilitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente – SP**. 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Pró - Reitoria de Pesquisa e Pós - Graduação Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Presidente Prudente, 2013.

ALHEIROS, M.M. **Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos**. Disponível:

http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i_en/mesa4/3.pdf
Acesso em: maio 2015.

ALVES, Deivid Cristian Leal. **Análise da vulnerabilidade nos balneários Querência-atlântico sul e Hermenegildo (RS) a partir de indicadores geomorfológicos e antrópicos**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013.

BARBOSA, Cláudio Clemente Farias. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 1997.

BENDO, Rafaela. **Análise do Risco de Ocupação Urbana sobre Áreas Mineradas em Subsolo no Município de Criciúma (SC) Utilizando Técnicas de Geoprocessamento**. 2013. 156 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2013.

BEZERRA, Joice de Souza. **O que se entende por parcelamento do solo urbano?** 2010. Disponível em: <<http://lfg.jusbrasil.com.br/noticias/2135371/o-que-se-entende-por-parcelamento-do-solo-urbano-joyce-de-souza-bezerra>>. Acesso em: 14 maio 2015.

BOEING, Fábio. **O processo de urbanização**: um estudo sobre a ocupação em áreas de risco socioambientais no bairro Alto Paraná em Orleans, Santa Catarina. Dissertação de Mestrado-Programa de Pós - Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), Criciúma: UNESC, 2009.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF: 2 set. 1981. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 31 mar. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Licenciamento Ambiental**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

BRÜSEKE, F. J. **Risco social, risco ambiental, risco individual**. Ambiente e Sociedade. Campinas, v. 1, n. 1, p. 117-134, 1997.

BURROUGH, P. A; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

CÂMERA, G; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Cap. 2. São José dos Campos: INPE, 1996

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CARVALHO, C. M.; RIEDEL, P. S.. **Análise de suscetibilidade a escorregamentos nos entornos dos polidutos de Cubatão-SP, através de técnicas de informação geográfica**. Cubatão: HolosEnvironment, 2004.

COSTA, Fabiane Hilario dos Santos. **Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas**. Campinas: Revista Brasileira de Cartografia, 2006, p.120.

COSTA, S.M.A.; LIMA, M.A.A. **Ajustamento da Rede planimétrica Brasileira em Sirgas 2000**. IBGE. IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésias. Curitiba, maio de 2005. Disponível em: Georreferenciamento Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.4, n.1, p.87-102, 2006 101
<ftp://geotftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/2005_Ajustamento_da_Rede_Planimetrica_em_SIRGAS2000.pdf>. Acesso em: 10 junho. 2015.

CREPANI, Edison. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Ministério de Ciência de Tecnologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.

CRUZ, Zargo Quaresma da; RIBEIRO, Gilberto Pessanha. **Ensaio de segmentação e classificação digital de imagens CBERS utilizando sistema SPRING em uma unidade de conservação ambiental. Estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO)**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, v. 1, n. 1, p.1-9, set. 2008.

CUNHA, J.A. 2001. **A gestão municipal através de tecnologia de geoprocessamento e cadastro urbano**: Gerenciamento de dados físicos e sócio-econômicos do município de Serra Negra do Norte - RN. Dissertação de Mestrado - PPGEO, UFRN, 101p.

DULINSKI, Ana Paula. **Licenciamento ambiental: estudo de inserção de seus processos nas demais etapas de uma obra linear de engenharia**. 2012. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

EASTMAN, J.R.; JIANG, H. **Fuzzy measures in multicriteria evaluation**. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT IN NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL STUDIES**, 2., 1996, Fort Collins. Proceedings. 1996. p.527-534.

ESPINDOLA, Sandra Greice Hess. **Avaliação das metodologias para mapeamento de sensibilidade ambiental de bacias com vista a aplicação em bacias de pequeno porte no estado de Santa Catarina**. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí - Univali, 2009.

FRANCISCO, Carlos Eduardo da Silva. **Áreas de preservação permanente na bacia do Ribeirão das Anhumas: Estabelecimento de prioridades para recuperação por meio de análise multicriterial**. 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Campinas, 1999.

GARCIA, Yara Manfrin. O Código Florestal Brasileiro e suas alterações no congresso nacional. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 1, n. 12, p.54-74, jan. 2012.

FERREIRA, L., C., **Estado e Ecologia: Novos Dilemas e Desafios**. Tese de Doutorado, IFCH, Unicamp, Campinas, 1992

FILHO, B.C. **Planimetria**. Escola Técnica Federal de Mato Grosso Topografia e Geoprocessamento.Cuiabá, abril de 2001.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORIANO, Eduardo Pagel. **Planejamento Ambiental**. Caderno Didático nº 6, 1ª ed./ Santa Rosa, 2004

FLUMINENSE, Universidade Federal. **Estudo Dirigido em SIG**. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Cartografia.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

FRAISOLI, Camila. ; FAGUNDES, Anátalia Silva Montoro. **PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO: O caso do município de Serra Negra SP**. Interciência e Sociedade , v. 1, p. 2, 2012.

FRAISOLI, Camila. **Valorização do espaço e fragilidade ambiental: o caso da construção do meio ambiente urbano da bacia do córrego Santo Antônio, Mogi Mirim (SP)**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas Instituto de Geociências, 2005.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guimarães (RN):simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 222 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

IBGE. **Projeto Mudança do Referencial Geodésico - PMRG**. 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/noticia_sirgas.shtm>. Acesso em: 24

maio 2015.

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ibge, 1999.

JANUZZI, Paulo de Martino, MIRANDA, Wilmer Lázaro de, SILVA, Daniela Santos Gomes da. **Análise multicritério e tomada de decisão em Políticas Públicas: Aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações**. Informática Pública ano. v. 1, p. 69 - 87, 2009.

JOLY, Fernand. **A cartografia**. 4. ed. Campinas,SP: Papirus, 2003

LOCH, Ruth E. Nogueira. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis. UFSC, 2006

LOTTIN, J. **Orleans em Dados**. Florianópolis: Elbert, 2004.

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de. Planejamento e gestão territorial usando um SIG em ambiente web. **Iv Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife, v. 1, n. 1, p.1-9, maio 2012

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 425 p.

MORAES, Eduardo et al. **Morfogênese da Planície Aluvial na Região da Confluência entre os rios Ivaí e Paraná e Evidência de sua Paleoconfluência**. Revista Geonorte, Curitiba, v. 10, n. 4, p.361-367, jan. 2014.

RAFAELI, L.; MÜLLER, C. J. **Estruturação de um Índice Consolidado de Desempenho Utilizando o AHP**. Produção, v.14, n.2, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2007000200013>. Acesso em: 11 abr. 2015.

RAMOS, Jorge et al. **The usefulness of the analytic hierarchy process for understanding reef diving choices: a case study**. Bulletin Of Marine Science, Miami, v. 78, n. 1, p.213-219, 1 jan. 2006.

RIBEIRO, W. C., **A Ordem Ambiental Internacional**, ed. Contexto, São Paulo, 2001

RIBEIRO, Glaucus Vinicius Biasetto. **As áreas de preservação permanente/APP e a legislação ambiental brasileira: 1965 a 2010**. 2010. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de História, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Rocha, R.S. 2002. **Exatidão Cartográfica para cartas digitais urbanas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis - SC.

ROQUE, Cassiano Garcia et al. Georreferenciamento. **Revista de Ciências Agro-ambientais**, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p.87-102, jan. 2006.

ROSA, R. e BRITO, J.L.S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia, EDUFU. 104p. 1996.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. In: Revista do Departamento de Geografia nº8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SÃO PAULO. **Parque Estadual Intervales**. Disponível em: <[http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/1.Volume Principal/cad 2_DIAGNOSTICO E AVALIACAO/pag 319_332 FRAGILIDADE.pdf](http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/1.Volume%20Principal/cad%202_DIAGNOSTICO%20E%20AVALIACAO/pag%20319_332%20FRAGILIDADE.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2015.

SANTOS, Amanda Alves dos. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da serra do rola moça**. 2010. 39 f. Tese (Pós Graduação) - Curso de Geociências, Departamento de Cartografia, Ufmg, Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, Edelson dos. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jirau município de Dois Vizinhos - Paraná**. 2005. 132 f. Tese (Pós Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SANTOS, I.; VITTE, A.C. **Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba**. Congresso de Geobiohidrologia, 1998.

SANTOS, R. F.; VIAGI, A. F. **Uso do Método AHP (Analytic Hierarchy Process) para Otimizar a Cadeia de Suprimentos Durante o Desenvolvimento Integrado de Produtos**. Anais do XII Simpósio de administração da produção, logística e operações internacionais, SIMPOI 2009 FGV/EAESP. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00337_PCN85503.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2015.

SAATY, T. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. *Psychology*, v.15, p.234-281, 1977.

SILVA, Geovany Jessé Alexandre da; WERLE, Hugo José Scheue. **Planejamento Urbano e Ambiental nas Municipalidades: da Cidade à Sustentabilidade, da Lei à Realidade**. Paisagem em Debate, São Paulo, v. 5, n. 1, p.1-24, dez. 2007. Disponível em: <[http://www.fau.usp.br/deprojeto/gdpa/paisagens/artigos/2007Silva-Werle-Planejamento Urbano Sustentabilidade.pdf](http://www.fau.usp.br/deprojeto/gdpa/paisagens/artigos/2007Silva-Werle-PlanejamentoUrbanoSustentabilidade.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2015.

SILVA, Jorge Xavier da; ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações**. São Cristovão: Bertrand Brasil, 2004.

SILVEIRA, Claudinei Taborda da; FIORI, Alberto Pio; OKA-FIORI, Chisato. Estudo das unidades ecodinâmicas de instabilidade potencial na APA de Guaratuba: Subsídios para o planejamento ambiental. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 57, n. 1, p.9-23, out. 2005. Editora UFPR.

SIQUEIRA, G. M. F. **“Políticas públicas e direito urbanístico – papel do poder**

judiciário e ação civil pública”. In: Freitas, José (org.), Temas de direito urbanístico. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado: Ministério Público do Estado de São Paulo, 2000, p.217-240.

Souza, I. de M. e. (2012). **SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL APLICADO A ESTUDOS URBANOS**.

TIMBÓ, Marcos A.. **Elementos da Cartografia**. Cuiabá: Ufmg, 2001.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977.

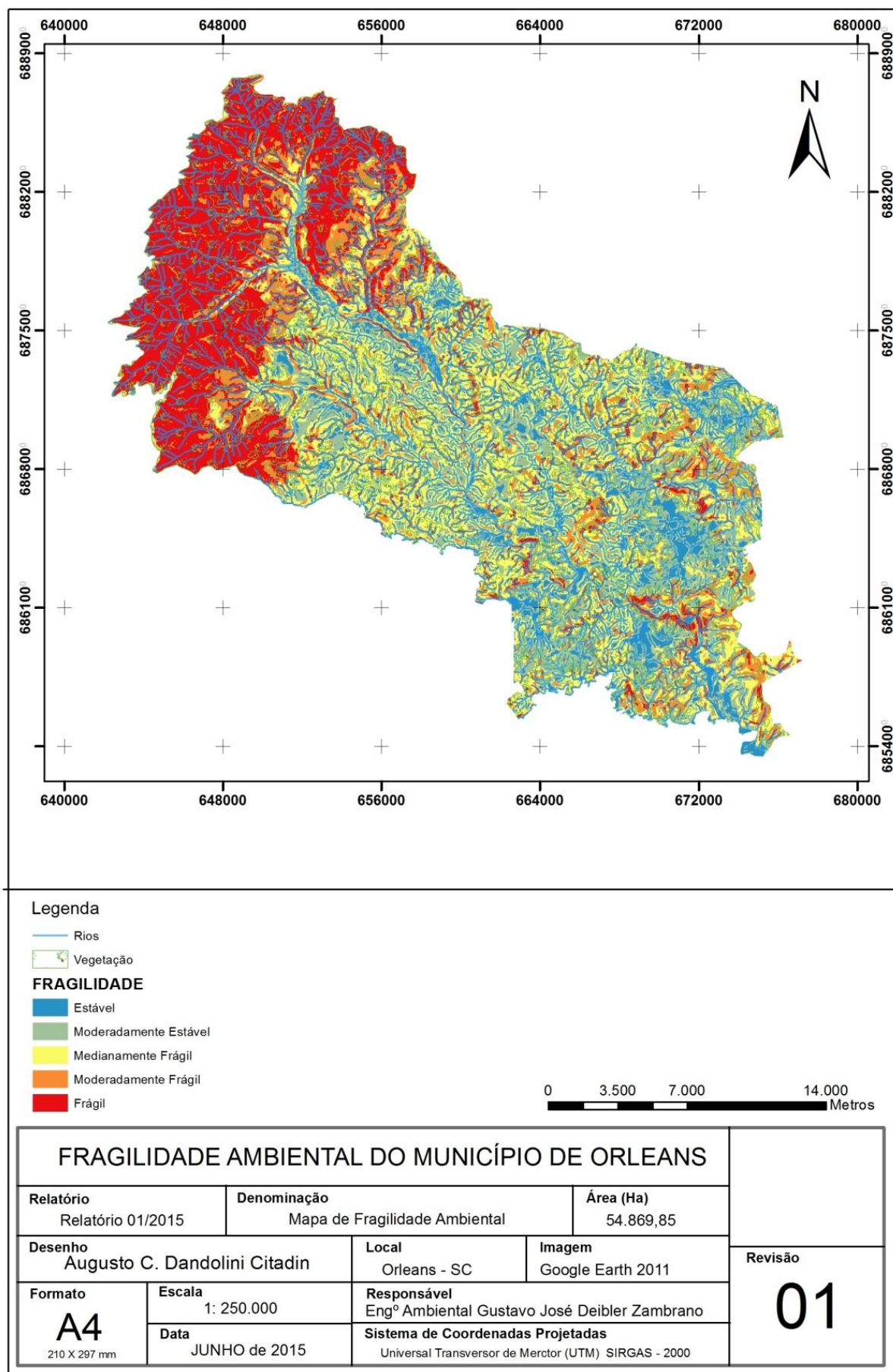
VALENTE, Roberta de Oliveira Aversa; VETORAZZI, Carlos Alberto. **Comparação entre métodos de avaliação multicriterial, para a conservação e a preservação ambiental**. ScientiaFlorestalis, Piracicaba, v. 69, n. 1, p.51-61, dez. 2005.

VICINI, Lorena. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: Ccne, 2005.

ZIETSMAN, Davina; VANDERSCHUREN, Marianne. **Analytic Hierarchy Process assessment for potential multi-airport systems – The case of Cape Town**. Journal Of Air Transport Management. South Africa, p. 41-49. abr. 2014.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A – Mapa de Fragilidade Ambiental



APÊNDICE B – AHP dos técnicos

Ponderação X						
FATORES	Dist de Hidrografia	Pedologia	Geologia	Pluviometria	Dist de Vegetação	Declividade
Dist de Hidrografia	1	0,33	0,33	3	1	0,2
Pedologia	5	1	1	5	3	0,2
Geologia	3	1	1	3	3	0,2
Pluviometria	0,33	0,2	0,33	1	0,33	0,2
Dist de Vegetação	1	0,33	0,33	3	1	0,2
Declividade	5	5	5	5	5	0,2
Soma	15,33	7,86	7,99	20	13,33	1,2

Ponderação Y						
FATORES	Dist de Hidrografia	Pedologia	Geologia	Pluviometria	Dist de Vegetação	Declividade
Dist de Hidrografia	1	3	3	5	3	0,2
Pedologia	0,33	1	1	3	3	0,33
Geologia	0,33	1	1	3	3	0,33
Pluviometria	0,2	0,33	0,33	1	1	0,11
Dist de Vegetação	0,33	0,33	0,33	1	1	0,11
Declividade	5	3	3	9	9	1
Soma	7,19	8,66	8,66	22	20	2,08

Ponderação Z						
FATORES	Dist de Hidrografia	Pedologia	Geologia	Pluviometria	Dist de Vegetação	Declividade
Dist de Hidrografia	1	0,33	0,33	5	3	0,20
Pedologia	3	1	3	7	7	0,33
Geologia	3	0,33	1	7	5	0,33
Pluviometria	0,20	0,14	0,14	1	3	0,14
Dist de Vegetação	0,33	0,14	0,20	0,33	1	0,14
Declividade	5	3	3	7	7	1
Soma	12,53	4,95	7,68	27,33	26,00	2,15

Ponderação W						
FATORES	Dist de Hidrografia	Pedologia	Geologia	Pluviometria	Dist de Vegetação	Declividade
Dist de Hidrografia	1	7	5	9	3	9
Pedologia	0,14	1	7	7	9	0,20
Geologia	0,20	0,14	1	0,33	5	1
Pluviometria	0,11	0,14	3	1	9	0,14
Dist de Vegetação	0,33	0,11	0,20	0,11	1	7
Declividade	0,11	5	1	7	7	1
Soma	1,90	13,40	17,20	24,44	34,00	18,34

